



§ 6.

[illegible] können Personen oder Körperschaften werden, welche [illegible] zu beziehen wünschen. Bei nicht rechtsfähigen Gesell[illegible] oder besonders bestellter Vertreter die außerordentliche [illegible].

[illegible] als außerordentliches Mitglied ist an den Geschäfts[illegible] die Aufnahme entscheidet.

§ 7.

[illegible] nur solche Personen erwählt werden [illegible] hervorragend verdient gemacht haben.

§ 8.

[illegible] zahlt ein Eintrittsgeld von 20,– M.

§ 9.

[illegible] 1. April bis 31. März laufende Geschäfts[illegible] April zu entrichten ist. Mitglieder, die [illegible] den vollen Jahresbeitrag innerhalb eines [illegible] der vorgeschriebenen Zeit nicht eingegangen [illegible] Postnachnahme eingezogen.

§ 10.

[illegible] durch einmalige Zahlung von [illegible] von der Zahlung der Jahres[illegible]

§ 11.

[illegible] Geschäftsjahr einen Beitrag von 25,– M.; [illegible] nicht erhoben.

§ 12.

[illegible] befreit.

§ 13.

[illegible] Versammlungen der Ge[illegible] sowie das Recht, zu [illegible] der gedruckten Verhandlungs[illegible]

§ 14.

[illegible] der gedruckten Ver[illegible] das Recht, den wissenschaft[illegible] Körperschaftliche [illegible]

§ 15.

[illegible] Mitglieder.

§ 16.

[illegible] Der Austritt erfolgt [illegible] nicht von der [illegible] jeder Anspruch an

§ 17.

Erforderlichenfalls können Mitglieder auf einstimmig gefaßten Beschluß des Gesamtvorstandes ausgeschlossen werden. Gegen einen derartigen Beschluß gibt es keine Berufung. Mit dem Ausschlusse erlischt jeder Anspruch an das Vermögen der Gesellschaft.

IV. Vorstand.

§ 18.

Der Gesamtvorstand der Gesellschaft setzt sich zusammen aus:

1. dem Ehrenvorsitzenden,
2. drei Vorsitzenden und
3. wenigstens sechs, höchstens dreißig Beisitzern.

Den Geschäftsführenden Vorstand im Sinne des § 26 des Bürgerlichen Gesetz-
bilden die drei Vorsitzenden, die den Geschäftskreis (Vorsitzender, stellvertreten-
sitzender und Schatzmeister) unter sich verteilen.

§ 19.

r Spitze der Gesellschaft steht der Ehrenvorsitzende. Diesem wird das auf Lebens-
ende Ehrenamt von den im § 18 Absatz 1 genannten übrigen Mitgliedern des
ndes angetragen. Er führt in den Versammlungen des Gesamtvorstandes und in
ersammlung den Vorsitz, kann an allen Sitzungen teilnehmen und vertritt bei
lässen die Gesellschaft. An der rechtlichen Vertretung der Gesellschaft wird
geändert. Im Behinderungsfalle tritt an Stelle des Ehrenvorsitzenden einer
nden.

§ 20.

itglieder des Gesamtvorstandes werden von den stimmberechtigten Mit-
aft auf die Dauer von drei Jahren gewählt. Nach Ablauf eines jeden
t der jeweilig dienstälteste Vorsitzende und das jeweilig dienstälteste
, bei gleichem Dienstalter entscheidet das Los. Eine Wiederwahl ist

nder während seiner Amtsdauer aus sonstigen Gründen aus, so muß
r Reihe der Beisitzer einen Ersatzmann wählen, der sich ver-
en und bis zur nächsten ordentlichen Mitgliederversammlung zu
sdauer des ausgeschiedenen Vorsitzenden wählt die ordentliche
euen Vorsitzenden.

nd seiner Amtsdauer aus einem anderen als dem in Absatz 1
der Gesamtvorstand aus den stimmberechtigten Mitgliedern
verpflichtet, das Amt anzunehmen und bis zur nächsten
zu führen.

§ 21.

nden Vorstandes (§ 18 Absatz 2) leitet dessen
nd und den Geschäftsführenden Vorstand, so oft
ndere wenn 2 Mitglieder des Gesamtvorstandes
ntragen. Die Einladungen erfolgen schrift-
s nicht.

gelegenheiten der Gesellschaft, insoweit
mmlung vorbehalten sind.
, sowie Vollmachten sind — vorbe-
esellschaft von 2 Vorsitzenden zu

Jahrbuch der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik

I. Band 1912/13



Berlin
Verlag von Julius Springer
1913

Druck der Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin.

Jahrbuch der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik

I. Band 1912/13

1. Lieferung



Berlin
Verlag von Julius Springer
1913

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Geschäftliches

Satzung 1

Mitgliederliste

I. Gesamtvorstand 7

II. Geschäftsführender Vorstand; Geschäftsstelle usw. 7

III. Mitglieder 8

IV. Wissenschaftlich-Technischer Ausschuß 15

V. Unterausschüsse 16

Kurzer Versammlungsbericht 18

1. Zwischen Gründungs- und Hauptversammlung 18

2. Verlauf der Ordentlichen Mitgliederversammlung 21

Geschäftssitzung 27

Vorträge der Ordentlichen Mitgliederversammlung 39

„Vorschläge zum Studium der atmosphärischen Vorgänge im Interesse der Flugtechnik“, Geheimrat Aßmann 39

„Windbewegungen in der Nähe des Bodens, Böigkeit des Windes“, Dr. F. Linke 45

Ausführungen einzelner Flieger auf eine Umfrage der Gesellschaft 47

Diskussion zu den Vorträgen Aßmann und Linke 59

„Die Physiologie und Pathologie der Luftfahrt“, Prof. Dr. Friedländer . . . 70

Inhaltsverzeichnis.

1. Lieferung.

Seite

Geschäftliches.
Satzung 1
Mitgliederliste
I. Gesamtvorstand 7
II. Geschäftsführender Vorstand; Geschäftsstelle usw. 7
III. Mitglieder 8
IV. Wissenschaftlich-Technischer Ausschuß 15
V. Unterausschüsse 16
Kurzer Versammlungsbericht 18
1. Zwischen Gründungs- und Hauptversammlung 18
2. Verlauf der ordentlichen Mitgliederversammlung 21
Geschäftssitzung 27
Vorträge der Ordentlichen Mitgliederversammlung 39
„Vorschläge zum Studium der atmosphärischen Vorgänge im Interesse der Flugtechnik", Geheimrat Aßmann 39
„Windbewegungen in der Nähe des Bodens, Böigkeit des Windes", Dr. F. Linke 45
Ausführungen einzelner Flieger auf eine Umfrage der Gesellschaft 47
Diskussion zu den Vorträgen Aßmann und Linke 59
„Die Physiologie und Pathologie der Luftfahrt", Prof. Dr. Friedländer . . 70

2. Lieferung.

Vorträge der Ordentlichen Mitgliederversammlung 1913 85
„Beanspruchung und Sicherheit von Flugzeugen", Professor Dr. Reißner . . 85
Diskussion zum Vortrag von Professor Dr. Reißner 107
„Versuche an Doppeldeckern zur Bestimmung ihrer Eigengeschwindigkeit und Flugwinkel", Autor-Referat Dr.-Ing. Hoff 123
„Über einen neuen Kreiselkompaß", Dr. Bruger 125
„Erfahrungen auf dem Flugplatz Johannisthal bei Berlin", Ing. Schnetzler . 130
„Eine Ausstellung von Meßapparaten", Professor Dr. Wachsmuth 133

Satzung.

I. Name und Sitz der Gesellschaft.

§ 1.

Die am 3. April 1912 gegründete Gesellschaft führt den Namen „Wissenschaftliche Gesellschaft für Flugtechnik E.V." und hat ihren Sitz in Berlin. Sie ist in das Vereinsregister des Königlichen Amtsgerichts Berlin-Mitte eingetragen unter dem Namen:

„Wissenschaftliche Gesellschaft für Flugtechnik. Eingetragener Verein."

II. Zweck der Gesellschaft.

§ 2.

Zweck der Gesellschaft ist der Zusammenschluß von Fachleuten der Luftfahrtechnik, der Luftfahrwissenschaft und anderen mit der Luftfahrt in Beziehung stehenden Kreisen zur Erörterung und Behandlung theoretischer und praktischer Fragen des Luftfahrzeugbaues und -betriebes.

§ 3.

Mittel zur Erreichung dieses Zweckes sind:

1. Versammlungen, in denen Vorträge gehalten und Fachangelegenheiten besprochen werden,
2. Druck und Versendung der Vorträge und Besprechungen an die Mitglieder,
3. Beratung wichtiger Fragen in Sonderausschüssen,
4. Stellung von Aufgaben und Anregung von Versuchen zur Klärung wichtiger luftfahrtechnischer Fragen,
5. Herausgabe von Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Luftfahrtechnik und Wissenschaft.

III. Mitgliedschaft.

§ 4.

Die Gesellschaft besteht aus:

1. ordentlichen Mitgliedern,
2. außerordentlichen Mitgliedern,
3. Ehrenmitgliedern.

§ 5.

Ordentliche Mitglieder können nur Personen in selbständiger Stellung werden, die auf dem Gebiet der Luftfahrtechnik oder Luftfahrwissenschaft tätig sind, oder von denen sonst eine Förderung der Gesellschaftszwecke zu erwarten ist.

Das Gesuch um Aufnahme als ordentliches Mitglied ist an den Geschäftsführenden Vorstand (§ 18 Absatz 2) zu richten, der über die Aufnahme entscheidet. Das Gesuch hat den Nachweis zu enthalten, daß die Voraussetzungen in § 5 Abs. 1 erfüllt sind. Dieser Nachweis ist von zwei ordentlichen Mitgliedern durch Namensunterschrift zu bestätigen.

Lehnt der Geschäftsführende Vorstand aus irgendwelchen Gründen die Entscheidung über die Aufnahme ab, so entscheidet der Gesamtvorstand (§ 18 Abs. 1) über die Aufnahme.

Wird das Aufnahmegesuch vom Geschäftsführenden Vorstand abgelehnt, so ist Berufung an den Gesamtvorstand (§ 18 Abs. 1) gestattet, der endgültig entscheidet.

§ 6.

Außerordentliche Mitglieder können Personen oder Körperschaften werden, welche die Drucksachen der Gesellschaft zu beziehen wünschen. Bei nicht rechtsfähigen Gesellschaften erwirbt ihr satzungsmäßig oder besonders bestellter Vertreter die außerordentliche Mitgliedschaft.

Das Gesuch um Aufnahme als außerordentliches Mitglied ist an den Geschäftsführenden Vorstand zu richten, der über die Aufnahme entscheidet.

§ 7.

Zu Ehrenmitgliedern können vom Gesamtvorstande nur solche Personen erwählt werden welche sich um die Zwecke der Gesellschaft hervorragend verdient gemacht haben.

§ 8.

Jedes eintretende ordentliche Mitglied zahlt ein Eintrittsgeld von 20,— M.

§ 9.

Jedes ordentliche Mitglied zahlt für das vom 1. April bis 31. März laufende Geschäftsahr einen Beitrag von 25,— M., der jedesmal im April zu entrichten ist. Mitglieder, die im Laufe des Geschäftsjahres eintreten, zahlen den vollen Jahresbeitrag innerhalb eines Monats nach der Aufnahme. Beiträge, die in der vorgeschriebenen Zeit nicht eingegangen sind, werden durch Postauftrag oder durch Postnachnahme eingezogen.

§ 10.

Ordentliche Mitglieder und Körperschaften können durch einmalige Zahlung von 500,— M lebenslängliche Mitglieder werden und sind dann von der Zahlung der Jahresbeiträge befreit.

§ 11.

Jedes außerordentliche Mitglied zahlt für das Geschäftsjahr einen Beitrag von 25,— M.; ein Eintrittsgeld wird von außerordentlichen Mitgliedern nicht erhoben.

§ 12.

Ehrenmitglieder sind von der Zahlung der Jahresbeiträge befreit.

§ 13.

Die ordentlichen Mitglieder haben das Recht, an sämtlichen Versammlungen der Gesellschaft mit beschließender Stimme teilzunehmen, Anträge zu stellen sowie das Recht, zu wählen und gewählt zu werden; sie haben Anspruch auf Bezug der gedruckten Verhandlungsberichte.

§ 14.

Die außerordentlichen Mitglieder haben Anspruch auf Bezug der gedruckten Verhandlungsberichte; sie sind nicht stimmberechtigt, haben aber das Recht, den wissenschaftlichen und technischen Veranstaltungen der Gesellschaft beizuwohnen. Körperschaftliche Mitglieder dürfen nur einen Vertreter entsenden.

§ 15.

Ehrenmitglieder haben sämtliche Rechte der ordentlichen Mitglieder.

§ 16.

Mitglieder können jederzeit aus der Gesellschaft austreten. Der Austritt erfolgt durch schriftliche Anzeige an den Geschäftsführenden Vorstand und befreit nicht von der Entrichtung des laufenden Jahresbeitrages. Mit dem Austritt erlischt jeder Anspruch an das Vermögen der Gesellschaft.

§ 17.

Erforderlichenfalls können Mitglieder auf einstimmig gefaßten Beschluß des Gesamtvorstandes ausgeschlossen werden. Gegen einen derartigen Beschluß gibt es keine Berufung. Mit dem Ausschlusse erlischt jeder Anspruch an das Vermögen der Gesellschaft.

IV. Vorstand.

§ 18.

Der Gesamtvorstand der Gesellschaft setzt sich zusammen aus:

1. dem Ehrenvorsitzenden,
2. drei Vorsitzenden und
3. wenigstens sechs, höchstens dreißig Beisitzern.

Den Geschäftsführenden Vorstand im Sinne des § 26 des Bürgerlichen Gesetzbuches bilden die drei Vorsitzenden, die den Geschäftskreis (Vorsitzender, stellvertretender Vorsitzender und Schatzmeister) unter sich verteilen.

§ 19.

An der Spitze der Gesellschaft steht der Ehrenvorsitzende. Diesem wird das auf Lebenszeit zu führende Ehrenamt von den im § 18 Absatz 1 genannten übrigen Mitgliedern des Gesamtvorstandes angetragen. Er führt in den Versammlungen des Gesamtvorstandes und in der Mitgliederversammlung den Vorsitz, kann an allen Sitzungen teilnehmen und vertritt bei besonderen Anlässen die Gesellschaft. An der rechtlichen Vertretung der Gesellschaft wird hierdurch nichts geändert. Im Behinderungsfalle tritt an Stelle des Ehrenvorsitzenden einer der drei Vorsitzenden.

§ 20.

Die übrigen Mitglieder des Gesamtvorstandes werden von den stimmberechtigten Mitgliedern der Gesellschaft auf die Dauer von drei Jahren gewählt. Nach Ablauf eines jeden Geschäftsjahres scheidet der jeweilig dienstälteste Vorsitzende und das jeweilig dienstälteste Drittel der Beisitzer aus, bei gleichem Dienstalter entscheidet das Los. Eine Wiederwahl ist zulässig.

Scheidet ein Vorsitzender während seiner Amtsdauer aus sonstigen Gründen aus, so muß der Gesamtvorstand aus der Reihe der Beisitzer einen Ersatzmann wählen, der sich verpflichtet, das Amt anzunehmen und bis zur nächsten ordentlichen Mitgliederversammlung zu führen. Für den Rest der Amtsdauer des ausgeschiedenen Vorsitzenden wählt die ordentliche Mitgliederversammlung einen neuen Vorsitzenden.

Scheidet ein Beisitzer während seiner Amtsdauer aus einem anderen als dem in Absatz 1 bezeichneten Grunde aus, so kann der Gesamtvorstand aus den stimmberechtigten Mitgliedern einen Ersatzmann wählen, der sich verpflichtet, das Amt anzunehmen und bis zur nächsten ordentlichen Mitgliederversammlung zu führen.

§ 21.

Der Vorsitzende des Geschäftsführenden Vorstandes (§ 18 Absatz 2) leitet dessen Verhandlungen. Er beruft den Gesamtvorstand und den Geschäftsführenden Vorstand, so oft es die Lage der Geschäfte erfordert, insbesondere wenn 2 Mitglieder des Gesamtvorstandes oder des Geschäftsführenden Vorstandes es beantragen. Die Einladungen erfolgen schriftlich; einer Mitteilung der Tagesordnung bedarf es nicht.

§ 22.

Der Geschäftsführende Vorstand besorgt alle Angelegenheiten der Gesellschaft, insoweit sie nicht dem Gesamtvorstande oder der Mitgliederversammlung vorbehalten sind.

Urkunden, welche die Gesellschaft verpflichten sollen, sowie Vollmachten sind — vorbehaltlich des § 26 und § 27 h bis k — unter dem Namen der Gesellschaft von 2 Vorsitzenden zu

unterzeichnen. Durch Urkunden solcher Art wird die Gesellschaft auch dann verpflichtet, wenn sie ohne einen Beschluß des Geschäftsführenden Vorstandes oder des Gesamtvorstandes ausgestellt sein sollten.

§ 23.

Der Geschäftsführende Vorstand muß in jedem Jahre eine Sitzung abhalten, in der unter Beobachtung der Vorschrift des § 34 Satz 1 die Tagesordnung für die ordentliche Mitgliederversammlung festgesetzt wird. Die Sitzung muß so rechtzeitig abgehalten werden, daß die ordnungsmäßige Einberufung der ordentlichen Mitgliederversammlung nach § 36 noch möglich ist.

§ 24.

Die Beschlüsse des Geschäftsführenden Vorstandes werden mit Stimmenmehrheit gefaßt.

§ 25.

Ist ein Mitglied des Geschäftsführenden Vorstandes behindert, an dessen Geschäften teilzunehmen, so hat der Gesamtvorstand aus der Reihe der Beisitzer einen Stellvertreter zu wählen.

§ 26.

Der Schatzmeister führt und verwahrt die Gesellschaftskasse und nimmt alle Zahlungen für die Gesellschaft gegen seine alleinige Quittung in Empfang.

§ 27.

Zum Geschäftskreis des § 18 Abs. 1 bezeichneten Gesamtvorstandes gehören folgende Angelegenheiten:

a) Wahl der Ehrenmitglieder (§ 7),
b) Entscheidung über ein Gesuch um Aufnahme als ordentliches Mitglied, wenn der Geschäftsführende Vorstand die Entscheidung abgelehnt hat (§ 5 Abs. 3),
c) Entscheidung über die Berufung gegen einen Beschluß des Geschäftsführenden Vorstandes, durch den ein Gesuch um Aufnahme als ordentliches Mitglied abgelehnt ist (§ 5 Absatz 4),
d) Ausschluß von Mitgliedern (§ 17),
e) Zusammensetzung von Ausschüssen, insbesondere eines Wissenschaftl.-Technischen Ausschusses (§ 3 Nr. 3),
f) Wahl von Ersatzmännern und Stellvertretern für Mitglieder des Gesamtvorstandes in den Fällen des § 20 Abs. 2 und 3 und des § 25,
g) Einberufung der ordentlichen und außerordentlichen Mitgliederversammlungen,
h) Eingehen von Verpflichtungen der Gesellschaft, die im Einzelfalle den Betrag von 2000 M. überschreiten,
i) Anstellung eines besoldeten Geschäftsführers,
k) Anstellung von Personal, dessen Einzelgehalt mehr als 1500 M. jährlich beträgt.

§ 28.

Der Gesamtvorstand muß in jedem Jahr eine Sitzung abhalten; er ist beschlußfähig, wenn mindestens 4 seiner Mitglieder zugegen sind.

Die Beschlüsse werden mit einfacher Stimmenmehrheit gefaßt. Bei Stimmengleichheit entscheidet die Stimme des Ehrenvorsitzenden, im Behinderungsfalle die seines Stellvertreters (§ 19 Satz 4), bei Wahlen das Los.

§ 29.

Der Wissenschaftlich-Technische Ausschuß (§ 27 e) ist die Mittelstelle für alle sachlichen Fragen. Er bildet aus seinen Mitgliedern Unterausschüsse für die Bearbeitung von Einzelfragen und bereitet das wissenschaftlich-technische Programm für die Mitgliederversammlungen vor.

Die Unterausschüsse haben das Recht, sich aus der Reihe der ordentlichen Mitglieder zu ergänzen.

Den Vorsitz des Wissenschaftlich-Technischen Ausschusses führt ein Mitglied des Geschäftsführenden Vorstandes, den Vorsitz der Unterausschüsse je ein vom Wissenschaftlich-Technischen Ausschuß hierzu beauftragtes Ausschußmitglied.

§ 30.

Der Geschäftsführer der Gesellschaft hat die ihm übertragenen Geschäfte nach den Anweisungen des Gesamtvorstandes und des Geschäftsführenden Vorstandes zu erledigen.

Der Geschäftsführer muß zu allen Sitzungen des Gesamtvorstandes und des Geschäftsführenden Vorstandes zugezogen werden, in denen er beratende Stimme hat.

V. Mitgliederversammlungen.

§ 31.

Zum Geschäftskreis der Mitgliederversammlungen gehören folgende Angelegenheiten:

1. Entgegennahme des vom Gesamtvorstande zu erstattenden Jahresberichts,
2. Entgegennahme des vom Wissenschaftlich-Technischen Ausschuß zu erstattenden Jahresberichts,
3. Entgegennahme des Berichts der Rechnungsprüfer und Entlastung des Gesamtvorstandes von der Geschäftsführung des vergangenen Jahres,
4. Wahl des Vorstandes (mit Ausnahme des Ehrenvorsitzenden [§ 19]),
5. Wahl von 2 Rechnungsprüfern für das nächste Jahr,
6. Beschlußfassung über den Ort der nächsten ordentlichen Mitgliederversammlung,
7. Beschlußfassung über vorgeschlagene Satzungsänderungen,
8. Beschlußfassung über Auflösung der Gesellschaft.

§ 32.

Die Mitgliederversammlung ist das oberste Organ der Gesellschaft. Sie ist befugt, in allen Angelegenheiten Beschlüsse zu fassen, die für den Geschäftsführenden Vorstand und den Gesamtvorstand bindend sind. Die Vertretungsbefugnis des Geschäftsführenden Vorstandes und des Gesamt-Vorstandes nach außen wird durch diese Beschlüsse nicht eingeschränkt.

§ 33.

Die Mitgliederversammlungen der Gesellschaft zerfallen in:

1. die ordentliche Mitgliederversammlung,
2. außerordentliche Mitgliederversammlungen.

§ 34.

Die ordentliche Mitgliederversammlung soll jährlich möglichst im Mai abgehalten werden. In dieser sind die in § 31 unter 1 bis 6 aufgeführten geschäftlichen Angelegenheiten zu erledigen und die Namen der neuen Gesellschaftsmitglieder bekannt zu geben. Ferner haben wissenschaftliche Vorträge und Besprechungen stattzufinden.

§ 35.

Zu den Mitgliederversammlungen erläßt der Geschäftsführende Vorstand die Einladungen unter Mitteilung der Tagesordnung.

Außerordentliche Mitgliederversammlungen können vom Gesamtvorstande unter Bestimmung des Ortes anberaumt werden, wenn es die Lage der Geschäfte erfordert.

Eine solche außerordentliche Mitgliederversammlung muß innerhalb 4 Wochen stattfinden, wenn ein dahingehender von mindestens 30 stimmberechtigten Mitgliedern unterschriebener Antrag mit Angabe des Beratungsgegenstandes eingereicht wird.

§ 36.

Alle Einladungen zu Mitgliederversammlungen müssen mindestens 3 Wochen vorher schriftlich an die Gesellschaftsmitglieder ergehen.

§ 37.

Die Anträge von Mitgliedern müssen dem Geschäftsführer 14 Tage und, soweit sie eine Satzungsänderung oder die Auflösung der Gesellschaft betreffen, 4 Wochen vor der Versammlung mit Begründung schriftlich durch eingeschriebenen Brief eingereicht werden.

§ 38.

In den Mitgliederversammlungen werden die Beschlüsse, soweit sie nicht Änderungen der Satzung oder des Zweckes oder die Auflösung der Gesellschaft betreffen, mit einfacher Stimmenmehrheit der anwesenden stimmberechtigten Mitglieder gefaßt. Bei Stimmengleichheit entscheidet die Stimme des Vorsitzenden, bei Wahlen das Los.

§ 39.

Eine Abänderung der Satzung oder des Zweckes der Gesellschaft kann nur durch einen Mehrheitsbeschluß von drei Vierteln der in einer Mitgliederversammlung erschienenen stimmberechtigten Mitglieder erfolgen.

§ 40.

Wenn nicht mindestens 20 anwesende stimmberechtigte Mitglieder namentliche Abstimmung verlangen, wird in allen Versammlungen durch Erheben der Hand abgestimmt. Wahlen erfolgen durch Stimmzettel oder durch Zuruf. Sie müssen durch Stimmzettel erfolgen, sobald der Wahl durch Zuruf auch nur von einer Seite widersprochen wird.

Ergibt sich bei einer Wahl nicht sofort die Mehrheit, so sind bei einem zweiten Wahlgange diejenigen beiden Kandidaten zur engeren Wahl zu bringen, für die vorher die meisten Stimmen abgegeben waren. Bei Stimmengleichheit kommen alle, welche die gleiche Stimmenzahl erhalten haben, in die engere Wahl. Wenn auch der zweite Wahlgang Stimmengleichheit ergibt, entscheidet das Los darüber, wer in die engere Wahl zu kommen hat. (Siehe § 28 Abs. 2.)

§ 41.

In allen Versammlungen führt der Geschäftsführer eine Niederschrift, die von dem jeweiligen Vorsitzenden der Versammlung unterzeichnet wird.

§ 42.

Die Geschäftsordnung für die Versammlungen wird vom Gesamtvorstande festgestellt und kann auch von diesem durch einfache Beschlußfassung geändert werden.

VI. Auflösung der Gesellschaft.

§ 43.

Die Auflösung der Gesellschaft darf nur dann zur Beratung gestellt werden, wenn sie von sämtlichen Mitgliedern des Gesamtvorstandes oder von 50 stimmberechtigten Mitgliedern beantragt wird.

Die Auflösung der Gesellschaft kann nur durch $^3/_4$-Mehrheit der stimmberechtigten Mitglieder beschlossen werden. Ist die Versammlung jedoch nicht beschlußfähig, so kann eine zweite zu gleichem Zwecke einberufen werden, bei der eine Mehrheit von $^3/_4$ der anwesenden stimmberechtigten Mitglieder über die Auflösung entscheidet.

§ 44.

Bei Auflösung der Gesellschaft ist auch über die Verwendung des Gesellschaftsvermögens Beschluß zu fassen, doch darf es nur zur Förderung der Luftfahrt verwendet werden.

Mitgliederliste.

I. Gesamtvorstand:

Ehrenvorsitzender:

SEINE KÖNIGLICHE HOHEIT
PRINZ HEINRICH VON PREUSSEN,
Dr.-Ing.

3 Vorsitzende:

Geheimer Regierungsrat Dr. von Böttinger, Mitglied des Herrenhauses, Elberfeld,
Professor Dr. von Parseval, Major z. D., Berlin,
Professor Dr. Prandtl - Göttingen.

Beisitzer:

Geheimer Oberregierungsrat Albert-Berlin, Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Aßmann-Lindenberg, Professor Dr.-Ing. Bendemann - Königswusterhausen, August Euler - Frankfurt a. M., Professor Dr. Finsterwalder - München, Exzellenz von der Goltz, Generalleutnant z. D., Berlin, Bankier Hagen - Potsdam, Professor Dr. Hartmann - Frankfurt a. M., Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Hergesell - Straßburg, Geheimer Regierungsrat Professor Dr. C von Linde - München, Kapitän z. S. Lübbert - Berlin, Exzellenz Freiherr von Lyncker, General d. Inf., Berlin, Exzellenz Merten - Berlin, Ministerialdirektor Naumann - Berlin, Exzellenz von Nieber, Generalleutnant z. D., Berlin, Max Oertz - Hamburg, Professor Dr.-Ing. Reißner - Aachen, Geheimrat Scheit-Dresden, Generalmajor Schmiedecke - Berlin, Professor Schütte - Danzig, Graf Sierstorpff - Berlin, Geheimer Oberregierungsrat Dr. Tull - Berlin, Professor Dr. Wachsmuth - Frankfurt a. M., Professor Wagener - Danzig, Wirklicher Geheimer Oberregierungsrat Dr. Zimmermann - Berlin.

II. Geschäftsführender Vorstand.

Geheimer Regierungsrat Dr. v. Böttinger - Elberfeld, Prof. Dr. von Parseval - Berlin,
Professor Dr. Prandtl - Göttingen.

Geschäftsführer:

Paul Béjeuhr.

Geschäftsstelle: Berlin W 30, Nollendorfplatz 3.

Telegrammadresse: Flugwissen; Telephon: Amt Nollendorf Nr. 945.

III. Mitglieder[1]).

a) Lebenslängliche Mitglieder:

Biermann, Leopold, Bremen, Blumenthalstr. 15.

Hagen, Karl, Bankier, Berlin W 35, Derfflingerstr. 12.

Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt, Adlershof b. Berlin, Adlergestell 28.

Königl. Sächs. Automobil-Klub, Dresden-A., Viktoriastr. 28.

b) Ordentliche Mitglieder:

Ackermann-Teubner, Alfred, Hofrat, Dr.-Ing. h. c., Leipzig, Poststr. 3.

Ahlborn, Friedrich, Prof. Dr., Hamburg 22, Uferstr. 23, ptr.

Albert, Geh. Oberregierungsrat, Berlin W 8, Wilhelmstr. 74.

Andreae, Jean, Geh. Kommerzienrat, Frankfurt a. M., Neue Mainzer Str. 59.

Apfel, Hermann, Kaufmann, Leipzig, Brühl 62.

Aßmann, R., Geh. Reg.-Rat Prof. Dr., Lindenberg, Kreis Beeskow.

Bader, Hans, Georg, Dipl.-Ing., Dresden, Winkelmannstr. 41.

Banki, Donat, Prof., Budapest, Kgl. ung. Josephs-Polytechnikum.

Barkhausen, Geheimrat Prof. Dr., Hannover, Öltzenstr. 26.

Basenach, N., Oberingenieur, Berlin-Reinickendorf-West.

v. Bassus, Konrad, Freiherr, München NO 2, Steinsdorfstr. 14.

Bauersfeld, W., Dr.-Ing., Jena, Moltkestr. 5.

Baumann, A., Prof., Stuttgart-Uhlbach, Bachstr.

Baumgärtel, Karl, Zeulenroda, R. ä. L.

Bayer, Friedrich, Geh. Kommerzienrat, Elberfeld.

Behrens, Dr., Assistent, Göttingen.

Béjeuhr, P., Geschäftsführer d. W. G. F., Berlin W 30, Nollendorfplatz 3.

Bendemann, Prof., Dr.-Ing., Königswusterhausen, Kr. Teltow.

Berndt, Prof., Geh. Baurat, Darmstadt, Martinstr. 50.

Bernhard, Richard, Fabrikbesitzer, Dresden, Jägerstr. 3.

Berson, A., Prof., Gr. Lichterfelde-West, Fontanestr. 2 b.

Berwald, F. K., Dr., Stockholm, Tegnersgatan 16.

Bestelmeyer, A., Dr., Privatdozent, Göttingen.

Betz, Albert, Dipl.-Ing., Göttingen, Bergstr. 9.

Beyer, Hermann, Dresden-A., Hettnerstr. 8.

v. Bieler, Referendar, Dr., Frankfurt a. M., Unterlinden 86.

Bier, Oberleutnant a. D., Lindenthal b. Leipzig.

Birk, O., Dr., Potsdam, Astrophysikal. Observatorium.

Blasius, H., Privatdozent Dr., Hamburg 22, Richardstr. 50 a, I.

Blumenthal, Prof. Dr., Aachen, Rütscherstr. 48.

v. d. Borne, Prof. Dr., Krietern, Kr. Breslau, Erdbebenwarte.

v. Borsig, Conrad, Geh. Kommerzienrat, Berlin N 4, Chausseestr. 13.

v. Borsig, Ernst, Geh. Kommerzienrat, Tegel b. Berlin, Reiherwerder.

v. Böttinger, Henry T., Geh. Reg.-Rat Dr., M. d. H., Elberfeld.

Boykow, H. K. u. K. Fregattenleutnant a. D., Kiel, Esmarchstr. 51.

Brauer, E., Geheimrat Prof. Dr., Karlsruhe i. B., Techn. Hochschule.

Brill, A., Dr., Frankfurt a. M., Kettenhofweg 136.

v. Brüning, G., Generaldirektor, Dr., Frankfurt a. M., Mainzer Landstr. 60.

Budde, Prof. Dr., Berlin SW 11, Askanischer Platz 1—4.

Camozzi, Otto, Direktor, Niederlößnitz b. Dresden.

Claassen, Otto, Direktor, Marine-Ing. a. D., Kiel, Düsternbrooker Weg 38.

Coulmann, W., Kaiserl. Marine-Schiffsbaumeister, Kiel, Feldstr. 30.

[1]) Liste abgeschlossen am 27. 1. 13.

Coym, Arthur, Dr., Lindenberg, Kr. Beeskow, Kgl. Aeron. Observatorium.

Degn, P. F., Zivil-Ing., Bremen, Richtersweg 25.

Deimler, Wilhelm, Dr., München, Gabelsbergerstr. 30, II.

Dieckmann, Max, Priv.-Doz. Dr., München, Techn. Hochschule.

Dietzius, Alex, Dipl.-Ing., Charlottenburg, Horstweg 3.

Dietzius, Hans, Privatdozent, Dipl.-Ing., Westend-Charlottenburg, Königin-Elisabeth-Str. 53.

Dorn, Geheimrat Prof. Dr., Halle a. S., Paradeplatz 7.

Dorner, H., Dipl.-Ing., Berlin SO 26, Elsenstr. 107.

Dornier, C., Dipl.-Ing., Friedrichshafen a. B., Olgastr. 2.

Duisberg, Karl, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr., Leverkusen b. Mülheim a. Rh.

Dürr, Oberingenieur, Friedrichshafen a. B.

Eberhardt, C., Dipl.-Ing., Berlin-Reinickendorf-West, Scharnweberstr. 116.

Ehrensberger, Dr., in Fa. Krupp, Essen-Ruhr.

Ehrlich, Exzellenz, Wirkl. Geh. Rat Prof. Dr., Frankfurt a. M., Westendstr. 62.

v. Einsiedel, Hugo, Dr. med., Dresden, Reichenbachstr. 1.

Elster, Wirkl. Geh. Ober-Reg.-Rat, Dr., Berlin W 8, Unter den Linden 4.

Elster, Johannes, Adorf i. Vogtland.

Emden, Prof. Dr., München, Habsburger Str. 4.

Ernst, Hauptmann, Straßburg i. Els., Taulerstr. 9.

Euler, August, Fabrikbesitzer, Frankfurt a. M.-Niederrad.

Fehlert, Dipl.-Ing., Patentanwalt, Berlin SW, Belle-Alliance-Platz 17.

Fiedler, Wilhelm, Kaufmann, Dresden, Portikusstr. 8.

Finsterwalder, Geheimrat, Prof. Dr., München-Neuwittelsbach, Flügenstr. 4.

Fischer, Emil, Exzellenz, Wirkl. Geh. Rat Prof. Dr., Berlin N 4, Hessische Str. 1.

Fischer, P. B., Oberlehrer, Gr. Lichterfelde-West, Kommandantenstr. 85, II.

Flemming, Stabsarzt Dr., Schöneberg, Martin-Luther-Str. 59.

Föttinger, Prof. Dr.-Ing., Zoppot-Danzig, Baedeckerweg 13.

Frank, Fritz, Chemiker, Dr., Berlin W 35, Lützowstr. 96.

v. Frankenberg, Kurt, Rittmeister a. D., Berlin W 30, Nollendorfplatz 3.

Friedländer, Korvettenkapitän a. D., Kiel, Holtenauer Str. 62.

Friedländer, Hofrat Prof. Dr., Hohe Mark i. Taunus.

Friese, Robert M., Prof., Charlottenburg, Schillerstr. 12.

Fritsch, Amtsgerichtsrat Dr., Frankfurt a. M. Myliusstr. 39.

Fritsch, Bernhard, Dipl.-Ing., Schneverdingen, Provinz Hannover, Hotel Witte.

Fritz, Geh. Oberbaurat, Berlin W 30, Hohenstaufenstr. 67.

Fröbus, Walter, Prokurist, Berlin W 62, Kleiststr. 8.

Fuhrmann, Dipl.-Ing. Dr., Adlershof b. Berlin, Adlergestell 28.

v. Funcke, Hauptmann, Dresden, Arndtstr. 9.

Gabriel, Michael, Oberingenieur, Johannisthal b. Berlin, Kaiser-Wilhelm-Str. 48.

Gans, Leo, Geh. Kommerzienrat, Dr., Frankfurt a. M., Barkhausstr. 14.

Gans, Paul F., Dr., Herrenhaus Schmölz b. Garmisch i. Bayern.

Gebers, Fr., Ing. Dr., Wien IX, Michelbeuerngasse 6.

Geerdtz, Franz, Hauptmann, Charlottenburg, Witzlebenstr. 31.

Gehlen, Dipl.-Ing., Aachen, Techn. Hochschule.

George, Hauptmann, Charlottenburg, Mindener Str. 24.

Giesecke, Ernst, Ökonomierat, Klein-Wanzleben, Bez. Magdeburg.

Gießen, Torpedo-Stabsingenieur, Friedrichsort.

Gimbel, Otto, Dr.-Ing., Volksdorf b. Hamburg, Hüßberg 14.

Goldschmidt, Hans, Dr., Essen-Ruhr.

Goldschmidt, Karl, Kommerzienrat Dr., Essen-Ruhr.

v. d. Goltz, Exzellenz, Freiherr, Generalleutnant z. D., Berlin W 30, Nollendorfplatz 3.

Grade, Hans, Ing., Bork, Post Brück i. d. Mark.

Gradenwitz, Richard, Fabrikbesitzer, Ing., Berlin W 15, Kurfürstendamm 181.

v. Gröning, Geh. Reg.-Rat Dr., Berlin W 15, Kurfürstendamm 50.
Groß, Oberstleutnant, Charlottenburg, Kaiserdamm 113.
Grosse, Prof. Dr., Bremen, Freihafen 1.
Grübler, M., Geheimrat, Prof. Dr., Dresden-A., Bernhardstr. 98.
Gruhl, Kurt, Dresden, Tiergartenstr. 12.
Gruhlich, E., Dr. med., Darmstadt, Steinstr. 21.
Gruhlich, Karl, Dipl.-Ing., Johannisthal b. Berlin, Trützschlerstr. 2.
v. Guilleaume, Max, Geh. Kommerzienrat, Köln a. Rh., Apostelnkloster 15.
Gutzmer, Prof. Dr., Halle a. S., Wettinerstr. 17.
Gygas, Hans, Korvettenkapitän, Danzig, Werftgasse 1 a.

Haas, Rudolf, Dipl.-Ing., Wilmersdorf-Berlin, Sächsische Str. 68.
Harpner, Robert, Ing., Berlin W 30, Gossowstr. 5.
Harres, Franz, Dr., Schlebusch b. Köln, Sprengstoff A.-G. Carbonit.
Hartmann, Eugen, Prof. Dr., Frankfurt a. M., Königstr. 97.
Haß, H., Prof., Hamburg, Isestr. 29.
Heimann, Knappschaftsdir. Dr., Bochum, Gabelsbergerstr. 19.
Heinkel, Ernst, Ing., Johannisthal b. Berlin, Wernerstr. 22.
Heinrich, Prinz v. Preußen, Kgl. Hoheit, Kiel, Schloß.
Hergesell, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr., Straßburg i. Els., Silbermannstr. 4.
Herzig, Wilhelm, Kaufmann, Dresden, Nürnberger Str. 30.
Hetzer, Gustav, Major z. D., Loschwitz b. Dresden, Landhaus Hohenlinden.
v. Hevesy, W., Dipl.-Ing., Paris, Rue de l'Unversité 169.
v. Hiddessen, Leutnant, Döberitz, Post Dallgow, Militär-Fliegerstation.
Hiele, K., Ing., Nürnberg, Haslerstr. 3.
Hildebrandt, Hauptmann a. D., Dr. phil., Berlin W 30, Martin-Luther-Str. 10.
Hirsch, Paul, cand. math., Göttingen, Weender Chaussee 88.
Hirth, Helmuth, Techn. Direktor, Oberingenieur, Johannisthal b. Berlin, Moltkestr. 7.
Hoff, Wilhelm, C. Th., Dipl.-Ing. Dr., Adlershof b. Berlin, Adlergestell 28. Deutsche Versuchsanstalt.
Hopf, L., Dr. Assistent, Aachen, Techn. Hochschule.
Höpfner, Wirkl. Geh. Ob.-Reg.-Rat Dr., Göttingen.
Hormel, Walter, Kapitänleutnant a. D., Berlin W 62, Kleiststr. 41.
Hoßfeld, Wirkl. Geh. Oberbaurat, Berlin W 15, Pariser Str. 38.
Huberty, August, Dresden-A., Prager Str. 2.
Huppert, Prof., Frankenhausen a. Kyffhäuser.

Imle, Emil, Dipl.-Ing., Fabrikbesitzer, Dresden, Weißer Hirsch.
v. Isenburg-Birstein, Franz Joseph, Fürst, Birstein, Reg.-Bez. Kassel.

Jaeger, Dr., Koblenz, Trierer Str. 115.
Jahnke, Hans, Kaufmann, Dresden, Christianstr. 8.
Joachimczyk, Alfred, Dipl.-Ing., Berlin W, Kurfürstenstr. 46.
Jonas, Otto, Bankier, Hamburg, Neuer Wall 26—28.
Joseph, Ludwig, Rechtsanwalt Dr., Frankfurt a. M., Taunusstr. 1.
Joukowsky, N., Prof. Dr., Moskau, Universität.
Junkers, Prof., Aachen, Frankenburg.

v. Kármán, Privatdozent Dr., Göttingen, Walkenmühlenweg 4.
v. Kehler, Richard, Hauptmann d. Res., Charlottenburg, Dernburgstr. 49.
Kempf, Günther, Dr.-Ing., Hamburg-Bergedorf, Ernst-Mantius Str. 22.
Kiefer, Theodor, Oberingenieur, Bitterfeld, Kaiserstr. 40.
Kikut, Edmund, Ingenieur, Berlin NW 23, Klopstockstr. 54.
Klein, J., Geheimrat Prof. Dr., M. d. H., Göttingen.
Kleinschmidt, E., Dr., Friedrichshafen a. B.
Kleyer, H., Kommerzienrat, Dr.-Ing., Frankfurt a. M., Wiesenhüttenplatz 33.
Klingenberg, H., Prof. Dr., Charlottenburg, Neue Kantstr. 21.
Knoller, R., Prof., Wien I, Riemengasse 8.
Kober, Theodor, Dipl.-Ing., Friedrichshafen a. B., Flugzeugbau Friedrichshafen.
Kölzer, Joseph, Dr., Meteorologe, Cöln-Bocklemünd, Schaffrathsgasse 26.
König, Walter, Prof., Dr., Gießen, Ludwigstr. 76.

Köppen, Geh. Admiralitätsrat Prof. Dr., Hamburg, Seewarte.
Koschel, Stabsarzt Dr., Berlin W 57, Mansteinstr. 5.
Krause, Max, Fabrikbesitzer, Steglitz-Berlin, Grunewaldstr. 44.
Krell, O., Direktor, Berlin W 15, Kurfürstendamm 22.
Krey, H., Reg.- u. Baurat, Berlin NW 23, Schleuseninsel im Tiergarten.
v. Krogh, C., Hauptmann a. D., Berlin-Friedenau, Stubenrauchstr. 17.
Krüß, Prof. Dr., Berlin W 8, Unter den Linden 4.
Küchenmeister, Georg, Fabrikant, Dresden, Arnstädter Str. 15.
Kümmel, Prof. Dr., Rostock, Universität.
Kutta, Wilhelm, Prof. Dr., Stuttgart, Römerstr. 138, I.

Lanz, Karl, Dr., Mannheim, Hildastr. 7.
Laudahn, Wilhelm, Marinebaumeister, Grunewald b. Berlin, Gillstr. 2 a.
Lehmann, Major, Berlin-Halensee, Kurfürstendamm 109.
Leick, Arnold, Dr., Berlin W 30, Barbarossastr. 61.
Leick, Walter, Oberlehrer, Prof. Dr., Berlin-Lichterfelde-West, Kommandantenstr. 85.
Lepsius, B., Prof. Dr., Berlin-Dahlem, Podbielski-Allee 45.
Lewald, Th., Geh. Ob.-Reg.-Rat Dr., Berlin W 35, Schöneberger Ufer 44.
v. Lichtenfels, Heinrich S., Leutnant, Darmstadt, Leibgarde-Inf.-Reg. 115.
v. Linde, C., Geheimrat Prof. Dr., München 44, Prinz-Ludwig-Höhe.
Linde, C., Direktor, Reg.-Baumeister, Berlin NW 7, Charlottenstr. 43.
Lingner, K. A., Exzellenz, Wirkl. Geh. Rat Dr., Dresden, Großenhainer Str. 7.
Linke, Fr., Dr., Dozent, Frankfurt a. M., Kettenhofweg 105.
Lissauer, Walter, Dr., Charlottenburg, Dernburgstr. 26.
Lorenzen, D., Ingenieur, Neukölln b. Berlin, Münchener Str. 46.
Lübbert, Kapitän z. S., Berlin W 15, Hohenzollerndamm 4.
Lutz, R., Prof. Dr.-Ing., Trondhjem, Techn. Hochschule.
v. Lyncker, Freiherr, Exzellenz, General d. Inf. z. D., Berlin NW 40, Alsenstr. 1.

Madelung, E., Dr., Privatdozent, Göttingen, Bergstr. 15.
Madelung, Georg, cand. ing., Charlottenburg 5, Lindenallee 25, IV.
Mangelsdorff, Oberingenieur, Kiel, Feldstr. 152.
Marcuse, Adolf, Prof. Dr., Charlottenburg 4, Dahlmannstr. 5.
v. Martius, D. A., Dr., Berlin W 9, Voßstr. 12.
Masse, Alfred, Hamburg, Graskeller 6.
v. Maydell, Woldemar, Freiherr, Hamburg, Rotebaum-Chaussee 51.
Meckel, Paul, Bankier, Charlottenburg, Witzlebenstr. 31.
Meißner, Alexander, Dr.-Ing., Berlin SW, Tempelhofer Ufer 25.
Merten, Exzellenz, Vizeadmiral z. D., Wilmersdorf, Güntzelstr. 2.
Messing, Generalmajor, Berlin-Lichterfelde, Paulinenstr. 29.
Meycke, Torpedo-Oberingenieur, Kiel, Wrangelstr. 30, III.
Meyer, Alex, Assessor Dr., Frankfurt a. M., Beethovenstr. 23.
Meyer, Bernhard, Kommerzienrat, Leipzig, Königstr. 5–7.
Meyer, Eugen, Prof. Dr., Charlottenburg, Neue Kantstr. 15.
Meyer, Paul, Ob.-Reg.-Rat Dr., Frankfurt a. M., Beethovenstr. 23.
Miethe, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr., Halensee b. Berlin, Halberstädter Str. 7.
v. Miller, Oskar, Reichsrat Dr., München, Ferdinand-Miller-Platz 3.
Mitscherling, Paul, Fabrikbesitzer, Radeburg b. Dresden, Bahnhofstr. 199.
Muench, F., Assistent, Post Königstein i. Taunus, Feldberg-Observatorium.
Morell, Wilhelm, Fabrikbesitzer, Leipzig, Apelstr. 4.
Mügge, O., Prof. Dr., Göttingen, Hoher Weg 25.
Müller, Richard, Marine-Baurat, Friedenau b. Berlin, Wagnerplatz 7.

Nachtweh, A., Prof. Dr.-Ing., Hannover, Techn. Hochschule.
Nadai, A., Dr.-Ing., Charlottenburg 5, Hebbelstr. 7.
Naß, G., Prof. Dr., Charlottenburg 4, Mommsenstr. 63.
Naumann, Ministerialdir. Dr., Berlin W 62, Burggrafenstr. 4.

Nernst, W., Geheimrat Prof. Dr., Berlin W 35, Am Karlsbad 26 a.
Neumann, Major, Berlin-Reinickendorf-West, Spandauer Weg.
Neumann, Otto, Marinebaumeister, Berlin-Friedenau, Kaiser-Allee 138.
v. Nieber, Stephan, Exzellenz, Generalleutnant z. D., Berlin W 15, Fasanenstr. 43.
Nusselt, W., Privatdozent, Dr.-Ing., Dresden, Nürnberger Str. 23.

v. Oechelhaeuser, W., Generaldir. Dr.-Ing., Dessau.
Oertz, Max, Werftbesitzer, Hamburg, Holzdamm 40.
v. Oldershausen, Freiherr, Oberstleutnant, Straßburg i. Els., Nikolausring 1.
Oppenheimer, M. J., Fabrikbesitzer, Frankfurt a. M., Rheinstr. 29.

v. Parseval, A., Major z. D., Prof. Dr.-Ing. h. c., Charlottenburg, Niebuhrstr. 6.
Peppler, Albert, Privatdozent Dr., Gießen, Schiffenberger Weg 43.
Peters, F., Vizekonsul, Dresden, Neumarkt 8.
Peters, Marine-Baumeister, Friedenau b. Berlin, Wilhelmshöher Str. 25.
v. Petri, O., Geh. Kommerzienrat Dr., Nürnberg.
Pfund, Max, Prokurist, Dresden, Bautzener Str. 63.
Pietzker, Privatdozent, Marine-Baumeister, Südende b. Berlin, Seestr. 9.
Poeschel, F. J., Rektor, Prof. Dr., Meißen, St. Afra.
Polis, Prof. Dr., Aachen, Monheims-Allee 62.
Poppe, L., Kaufmann, Bergwerksdirektor, Dresden-Strehlen, Mozartstr. 5.
Prandtl, L., Prof. Dr., Göttingen, Prinz-Albrecht-Str. 20.
Precht, J., Prof. Dr., Hannover, Jägerstr. 9.
Pree, Joseph, Fabrikbesitzer, Dresden, Glacisstr. 1.
Preßler, Kurt, Plauen i. Vogtld., Hofwiesenstr. 8.
Pringsheim, Ernst, Universitätsprof., Breslau.
Pröll, Arthur, Privatdozent Dr.-Ing., Danzig, Techn. Hochschule.
v. Pustan, Eduard, Kapitän z. S. a. D., Wilmersdorf, Prager Str. 13.

Quelle, Fr., Bremen, Am Wall 161.
Quittner, Viktor, Dipl.-Ing., Dr., Berlin W 30, Rosenheimer Str. 27

Raabe, M., Leutnant a. D., Cronberg i. T., Hartmuthstr. 3.
Rasch, Ferdinand, Generalsekretär des D. L. V., Berlin W 30, Nollendorfplatz 3.
Rau, Friedrich, Zivil.-Ing., Berlin N 4, Kesselstr. 16.
Ravoth, Alfred, Ingenieur, Hannover, Nikolaistr. 44 B, II.
Reißner, H., Prof. Dr.-Ing., Charlottenburg, Windscheidstr. 39.
Reitz, Marine-Oberbaurat, Berlin-Halensee, Joachim-Friedrich-Str. 16.
Reuter, Otto, Dipl.-Ing., Aachen, Schillerstr. 69.
Richarz, F., Prof. Dr., Marburg i. Hessen.
Riecke, E., Geheimrat Prof. Dr., Göttingen. Bühlstr. 22.
Riedinger, August, Kommerzienrat, Augsburg, Prinzregentenstr. 2.
Romberg, Hauptmann, Osnabrück, Goethestr. 35.
Romberg, Friedrich, Prof., Nikolassee b. Berlin, Teutonenstr. 20.
v. Rottenburg, Referendar, Frankfurt a. M., Schwindstr. 20.
Rotzoll, H., Dr., Bitterfeld, Luftfahrzeugbau-Gesellschaft.
Rumpler, E., Direktor, Ing., Lichtenberg b. Berlin, Siegfriedstr. 202.
Runge, C., Geheimrat Prof. Dr., Göttingen.
Runge, Richard, Hamburg, Gröninger Str. 14.

Sack, Paul, Kommerzienrat, Plagwitz b. Leipzig, Karl-Hein-Str. 101.
v. Sanden, Privatdozent Dr., Göttingen, Düsterer Eichenweg 20.
Schatzmann, Marine-Baumeister, Berlin W 50, Fürther Str. 12.
Scheit, H., Geheimrat Prof., Dresden 20, Königsteinstr. 1.
Schilling, Prof. Dr., Bremen, Seefahrtschule.
Schlink, Prof. Dr.-Ing., Braunschweig, Berner Str. 8.
Schmal, O., Direktor, Quaßnitz b. Leipzig.
Schmid, K., Dipl.-Ing., Beeskow i. d. Mark.
v. Schmidt, Aug., Geh. Hofrat Dr., Stuttgart, Hegelstr. 32.
Schmidt, C., Dr. med., Dresden-Strehlen, Josephstr. 12.
Schmidt, F., Ministerialdir. Dr., Steglitz, Schillerstr. 7.
Schmidt, K., Prof. Dr., Halle a. S., Kronprinzenstr. 11.

Schmiedecke, Generalmajor, Friedenau b. Berlin, Sponholzstr. 51—52.
Schnetzler, Eberhard, Ing., Frankfurt a. M.-Süd, Schwanthalerstr. 12.
Schreber, Prof. Dr., Aachen, Techn. Hochschule.
Schreiber, Ob.-Reg.-Rat Prof. Dr., Dresden, Gr. Meißener Str. 15.
Schuch, Friedrich, Kaufmann, Hamburg, Pulverteich 12.
Schüle, W., Dipl.-Ing. Prof., Breslau 9, Hedwigstr. 32.
Schütte, Prof., Danzig, Gr. Allee 31.
Schwarzschild, R., Prof., Potsdam, Telegraphenberg.
v. Selasinsky, Eberhard, Hauptmann, Paderborn, Inf.-Regt. 158.
Seppeler, E., Dipl.-Ing., Adlershof b. Berlin, Deutsche Versuchsanstalt.
Sieg, Georg, Marine-Baumeister, Friedenau b. Berlin, Schwalbacher Str. 7.
v. Sierstorpff, Adalbert, Graf, Berlin W 10, Kaiserin-Augusta-Str. 75—76.
Simon, August Th., Lederfabrikant, Kirn a. d. Nahe.
Simon, Th., Kommerzienrat, Kirn a. d. Nahe.
Simon, Fritz Th., Konsul, Bremen, Parkallee 71.
Simon, Herm. Th., Prof. Dr., Göttingen, Nikolausberger Weg 20.
Simon, Robert Th., Kirn a. d. Nahe.
v. Soden-Frauenhofen, Freiherr, Dipl.-Ing., Friedrichshafen a. B., Zeppelinstr. 6.
Spieß, Gustav, Prof., Frankfurt a. M., Schaumainkai 26.
Stade, H., Observator Prof. Dr., Schöneberg b. Berlin, Wartburgstr. 16.
Stein, Direktor, Charlottenburg, Kaiserdamm 8.
Sticker, Joseph, Assessor, Berlin W 30, Aschaffenburger Str. 8.
Straubel, Prof. Dr., Jena, Zeißwerke.
Strauß, Heinrich, Zahnarzt, Berlin W 35, Lützowstr. 15.
Stroschein, Edwin, Dr., Dresden-A., Prager Str. 14.
Süring, Prof. Dr., Potsdam, Telegraphenberg.
Sutter, Hermann, Dresden, Christianstr. 35.
Szamatolski, Hofrat Dr., Frankfurt a. M., Westendstr. 85.

Taaks, O., Baurat, Hannover, Marienplatz,
Tammann, Geheimrat Prof. Dr., Göttingen Bürgerstr. 50.
Tauber, Hauptmann, Fischamend b. Wien.
Tepelmann, Hauptmann a. D., Dr.-Ing., Braunschweig.
Tetens, Observator, Prof. Dr., Lindenberg, Kr. Beeskow.
Thoma, Dr.-Ing., Gotha, Schöne Allee 6.
Tischbein, Willy, Direktor, Hannover, Vahrenwalder Str. 100.
Treitschke, Friedrich, Fabrikbesitzer, Kiel, Niemannsweg 81 b.
Trommsdorf, Oberlehrer Dr., Göttingen.
v. Tschudi, Major a. D., Berlin W 30, Berchtesgadener Str. 7.
Tull, Geh. Ob.-Reg.-Rat Dr., Berlin-Lichterfelde, Marienplatz 7.

Ursenius, Oskar, Zivil-Ing., Frankfurt a. M., Bahnhofsplatz 8.
Urtel, Rudolf, Oberingenieur, Karlshorst b. Berlin, Kaiser-Wilhelm-Str. 22.

Veith, Wirkl. Geh. Ober-Baurat, Dr.-Ing., Berlin W 50, Spichern Str. 23.
Visnya, Aladar, Prof. Dr., Budapest II, Fénygasse 2 d.
Voigt, Geheimrat Prof. Dr., Göttingen, Grüner Weg.
Vollbrandt, Adolf, Kaufmann, Hamburg 13, Rotenbaum-Chaussee 105.
Vollmann, Richard, Lebnitz i. Sa., Hertigswalder Str. 1.
Vorreiter, Ansbert, Zivil-Ing., Berlin W 57, Bülowstr. 73.
Voß, Privatdozent Dr., Göttingen, Friedländerweg 29.

Wachsmuth, R., Prof. Dr., Frankfurt a. M., Kettenhofweg 136.
Wacker, Alexander, Geh. Kommerzienrat, Schachen b. Lindau i. Bayern.
Wagener, A., Prof., Danzig, Techn. Hochschule.
Wagner, H., Geheimrat Prof. Dr., Göttingen, Grüner Weg.
Wahl, Marine-Baurat, Danzig, Kaiserliche Werft.
Wallach, Geheimrat Prof. Dr., Göttingen Hospitalstr. 10.
Walter, M., Direktor, Bremen, Schönhausenstraße.
Wassermann, B., Patentanwalt, Dipl.-Ing., Berlin SW, Alexandrinenstr. 1 b.
Weber, M., Prof., Hannover, Baumstr. 19.

de Weerth, Fritz, Dr., Berlin W 30, Rosenheimer Str. 24.
Wegener, Dr., Göttingen, zurzeit im Ausland.
Weidenhagen, R., Vorsteher der Wetterwarte, Magdeburg, Bahnhofstr. 17.
Weißmann, Robert, Dr., Berlin-Grunewald, Niersteiner Str. 3.
Wenger, R., Dr., Leipzig, Nürnberger Str. 57.
Wiechert, E., Geheimrat Prof. Dr., Göttingen.
Wiener, Otto, Dir., Johannisthal b. Berlin, Flugplatz, Albatroswerke.
Wieselsberger, C., Dipl.-Ing., Göttingen, Nikolausberger Weg 37.
Woermann, Eduard, Kaufmann, Hamburg, Reichenstr., Afrikahaus.
Wolff, Ernst, Direktor, Oberschöneweide b. Berlin, Ostendstr. 16.
Wurmbach, Julius, Fabrikant, Charlottenburg, Kurfürstendamm 195.

Zanders, Hans, Kommerzienrat, Bergisch-Gladbach.
v. Zeppelin, Ferdinand, Graf, Exzellenz, General d. Kavallerie z. D., Friedrichshafen a. B.
v. Zeppelin, jr., Ferdinand, Graf, Dipl.-Ing., Friedrichshafen a. B., Friedrichstr. 35.
Zimmermann, H., Wirkl. Geh. Ob.-Baurat Dr., Berlin NW 52, Calvinstr. 4.
Zinke, Conrad, Meißen a. E.
Zopke, Regierungsbaumeister a. D., Prof., Hamburg, Andreasstr. 17.
Zselyi, Aladar, Dipl.-Ing., Budapest, Fehevari ut 58.

c) Außerordentliche Mitglieder:

Berliner Flugsport Verein E. V., Berlin W 8, Jägerstr. 18.
Chemische Fabrik Griesheim-Elektron, Frankfurt a. M.
Flensburger Stadtgemeinde, Flensburg.
Frankfurter Verein f. Luftschiffahrt E. V., Frankfurt a. M., Kettenhofweg 136.
Kurhessischer Verein f. Luftfahrt, Sektion Marburg, Marburg a. d. L., Physikal. Institut.
Verein Deutscher Ingenieure, Berlin NW 7, Charlottenstr. 43.
Verein f. Flugwesen in Mainz, E. V., Mainz, Gr. Bleiche 48.

Die Gesellschaft betrauert den Tod zweier ordentlicher Mitglieder:
v. Hollmann, Friedrich, Staatssekretär des Reichsmarineamts a. D., Admiral à la suite des Seeoffizierkorps.
v. Schwartz, Gewerberat. Dr.

Die Gesellschaftsmitglieder werden im eigenen Interesse gebeten, jede Adressenänderung sofort auf besonderer Karte der Geschäftsstelle anzuzeigen.

IV. Wissenschaftlich-Technischer Ausschuß:

Professor Dr. F. Ahlborn - Hamburg.
Geheimrat Professor Dr. R. Aßmann - Lindenberg, Kreis Beeskow.
Professor A. Baumann - Stuttgart-Uhlbach.
Professor Dr.-Ing. F. Bendemann - Adlershof.
Geheimrat Professor Berndt - Darmstadt.
Professor Dr. von dem Borne - Krietern.
Geheimrat Dr. von Böttinger, Mitglied des Herrenhauses, Elberfeld.
Geheimrat Professor E. Brauer - Karlsruhe.
Marinebaumeister Coulmann - Kiel.
Oberingenieur Dürr - Friedrichshafen a. B.
Professor Dr. Emden - München.
Fabrikbesitzer August Euler - Frankfurt a. M.
Geheimrat Professor Dr. Finsterwalder - München-Neuwittelsbach.
Professor Dr.-Ing. Föttinger - Danzig-Zoppot.
Hofrat Professor Dr. Friedländer - Hohe Mark im Taunus.
Hauptmann Geerdtz - Charlottenburg.
Ingenieur Hans Grade - Bork.
Oberstleutnant Groß - Charlottenburg.
Geheimrat Professor Dr. Grübler - Dresden-A.
Diplom-Ingenieur Karl Grulich - Johannisthal b. Berlin.
Professor Eugen Hartmann - Frankfurt a. M.
Geheimrat Professor Dr. Hergesell - Straßburg i. E.
Technischer Direktor Helmuth Hirth - Johannisthal b. Berlin.
Professor Junkers - Aachen.
Diplom-Ingenieur Kober - Friedrichshafen a. B.
Geheimrat Professor Dr. Köppen - Hamburg.
Direktor O. Krell - Berlin.
Regierungs- und Baurat Krey - Berlin.
Dr. Franz Linke - Frankfurt a. M.
Professor Eugen Meyer - Charlottenburg.
Geheimrat Professor Dr. Nernst - Berlin.
Werftbesitzer Max Oertz - Hamburg.
Major a. D. Professor Dr. von Parseval - Berlin.
Marinebaumeister Pietzker - Berlin-Südende.
Professor Dr. L. Prandtl - Göttingen.
Professor Dr.-Ing. H. Reißner - Aachen.
Professor F. Romberg - Charlottenburg.
Direktor E. Rumpler - Berlin-Lichtenberg.
Geheimrat Professor H. Scheit - Dresden 20.
Diplom-Ingenieur Professor Schütte - Danzig.
Professor Dr.-Ing. Schlink - Braunschweig.
Diplom-Ingenieur Freiherr von Soden - Frauenhofen.
Professor Dr. Süring - Potsdam.
Direktor Willy Tischbein - Hannover.
Professor Dr. R. Wachsmuth - Frankfurt a. M.

Professor A. Wagener - Danzig.
Professor M. Weber - Hannover.
Direktor Otto Wiener (Albatroswerke), Johannisthal b. Berlin.
Direktor Ernst Wolff (N. A.-G.), Oberschöneweide b. Berlin.
Geheimrat Dr.-Ing. H. Zimmermann - Berlin.

V. Unterausschüsse.

Ausschuß a zur Beurteilung von Erfindungen.

Obmänner: Professor Dr. von Parseval - Berlin, Professor Romberg - Charlottenburg.

Professor Dr. Ahlborn - Hamburg, Prof. Dr.-Ing. Bendemann - Adlershof, Geheimrat Professor Berndt - Darmstadt, Geheimrat Professor Grübler - Dresden, Dipl.-Ing. Grulich - Johannisthal, Professor Eugen Meyer - Charlottenburg, Professor Dr. Prandtl - Göttingen, Professor Dr. Schlink - Braunschweig, Professor Dr. Wagener - Danzig, Professor M. Weber - Hannover.

Ausschuß b für literarische Auskünfte und Literaturzusammenstellung.

Obmann: Marinebaumeister Pietzer - Berlin.

Professor Dr. Ing. Bendemann - Adlershof, Hauptmann a. D. Dr. Hildebrandt - Berlin, Dr. F. Linke - Frankfurt a. M., Professor Dr.-Ing. Reißner - Aachen, Professor Romberg - Charlottenburg, Professor Dr. Wachsmuth, Frankfurt a. M.

Ausschuß c für Aerodynamik.

Obmann: Professor Dr. Prandtl - Göttingen.

Professor Ahlborn - Hamburg, Professor Dr.-Ing. Bendemann - Adlershof, Professor Dr. Emden-München, Geheimrat Professor Dr. Finsterwalder-München, Professor Dr.-Ing. Föttinger-Danzig, Oberstleutnant Groß - Berlin, Geheimrat Grübler - Dresden, Dipl.-Ing. Grulich - Johannisthal, Geheimrat Professor Dr. Hergesell - Straßburg, Dipl.-Ing. Kober - Friedrichshafen a. B., Regierungsrat Krey - Berlin, Professor von Parseval - Berlin, Prof. Reißner - Aachen, Professor Dr. Ing. Schlink - Braunschweig, Professor Wachsmuth - Frankfurt a. M., Direktor Wiener - Johannisthal.

Ausschuß d für Motoren.

Obmann: Professor A. Wagener - Danzig.

Professor A. Baumann - Stuttgart, Professor Dr.-Ing. Bendemann - Adlershof, Geheimrat Berndt - Darmstadt, Professor Junkers - Aachen, Professor E. Meyer - Charlottenburg, Professor Romberg - Charlottenburg, Direktor Rumpler - Lichtenberg, Direktor Geheimrat Scheit - Dresden, Direktor Wolff - Ober-Schöneweide, Geheimrat Dr. Zimmermann - Berlin.

Ausschuß e für konstruktive Fragen der Luftfahrzeuge mit besonderer Berücksichtigung der Sicherheitsvorschriften.

Obmann: Professor Dr. Reißner - Aachen.

Professor Baumann-Hannover, Hauptmann Geerdtz-Berlin, Oberstleutnant Groß-Berlin. Dipl.-Ing. Grulich-Johannisthal, Geheimrat Prof. Dr. Hergesell-Straßburg i. E., Techn. Direktor Hirth-Johannisthal, Dipl.-Ing. Kober-Friedrichshafen a. B., Prof. E. Meyer-

Charlottenburg, Werftbesitzer Max Oertz - Hamburg, Professor von Parseval - Berlin, Professor Romberg - Charlottenburg, Professor Schlink - Braunschweig, Direktor Tischbein - Hannover, Professor Weber - Hannover, Direktor Wiener - Johannisthal, Direktor Wolff - Ober-Schöneweide.

Ausschuß f für medizinische und psychologische Fragen.

Obmann: Professor Dr. Friedländer, Hohe Mark i. T.

Professor Ahlborn - Hamburg, Geheimrat Professor Dr. Aßmann - Lindenberg, Geheimrat Dr. von Böttinger - Elberfeld, Fabrikbesitzer August Euler - Frankfurt a. M., Stabsarzt Dr. Flemming - Schöneberg, Dr. Emil Grulich - Darmstadt, Dipl.-Ing. Grulich - Johannisthal, Geheimrat Prof. Dr. Hergesell - Straßburg i. E., Technischer Direktor Hirth - Johannisthal, Stabsarzt Dr. Koschel - Berlin. Kooptiert von der Vereinigung zur wissenschaftlichen Erforschung des Sportes und der Leibesübungen: Prof. Nicolai - Berlin, Geheimrat Professor Zuntz - Berlin.

Ausschuß g für Vereinheitlichung der Fachsprache.

Obmann: Prof. E. Meyer - Charlottenburg.

Professor Dr.-Ing. Bendemann - Adlershof, Fabrikbesitzer Euler - Frankfurt a. M., Geheimrat Prof. Dr. Finsterwalder - München, Ingenieur Hans Grade - Bork, Dipl.-Ing. Grulich - Johannisthal, Technischer Direktor Hirth - Johannisthal, Dipl.-Ing. Kober - Friedrichshafen a. B., Direktor Krell - Berlin, Werftbesitzer Max Oertz - Hamburg, Professor von Parseval - Berlin, Professor Dr. Poeschel - Meißen, Professor Reißner - Aachen, Direktor Rumpler - Lichtenberg, Dipl.-Ing. Freiherr von Soden - Friedrichshafen a. B., Direktor Tischbein - Hannover, Direktor Wiener - Johannisthal, Direktor Woff - Ober-Schöneweide, Geheimrat Zimmermann - Berlin.

Ausschuß h für Meßwesen.

Obmann: Professor Dr. Wachsmuth - Frankfurt a. M.

Professor Dr. Bendemann - Adlershof, Professor Dr. v. d. Borne - Krietern, Professor Hartmann - Frankfurt a. M., Professor Junkers - Aachen, Dipl.-Ing. Kober - Friedrichshafen a. B., Direktor Krell - Berlin, Professor Dr. Prandtl - Göttingen, Dipl.-Ing. Freiherr von Soden - Friedrichshafen a. B., Professor Dr. Süring - Potsdam, Direktor Wiener - Johannisthal.

Ausschuß i für Aerologie.

Obmann: Geheimrat Professor Dr. Aßmann - Lindenberg.

Professor von dem Borne - Krietern-Breslau, Professor Emden - München, Geheimrat Hergosell - Straßburg i. Els., Geheimrat Dr. Köppen - Hamburg, Professor Dr. Süring - Potsdam.

Ausschuß k für luftelektrische Fragen.

Obmann: Dr. Linke - Frankfurt a. M.

Dr. Dieckmann - München, Dr. Meißner - Berlin.

Kurzer Versammlungsbericht.

1. Zwischen Gründungs- und Hauptversammlung.

Die Gründungsversammlung (im Herrenhause am 3. April 1912), unter dem Vorsitz S. K. H. des Prinzen Heinrich von Preußen hatte einen provisorischen Arbeitsausschuß eingesetzt, den sie mit der Ausarbeitung der Satzung und der Vornahme der ersten wichtigsten Arbeiten betraute. Dieser Arbeitsausschuß trat am 4. Mai unter dem Vorsitz des Prinzen Heinrich in den Räumen des Kaiserlichen Aero-Klubs zu einer Sitzung zusammen, in welcher die Grundzüge der Satzung, die in Anlehnung an die der Schiffbautechnischen Gesellschaft aufgebaut werden sollte, festgelegt wurden.

Der Arbeitsausschuß sprach sich dann grundsätzlich für die Schaffung eines Wissenschaftlich-Technischen Ausschusses aus, dessen Aufgaben und Zusammenstellung er kurz skizzierte, wobei gleichzeitig weitgehendster Ausbau und geeignete Kooptierung von Fachleuten empfohlen wurde; die Konstituierung dieses Ausschusses erfolgte dann auch, wie weiter unten berichtet, am 14. Juni 1912.

Der Arbeitsausschuß wählte dann aus seiner Mitte die Mitglieder des Gesamtvorstandes und bestimmte zum Geschäftsführenden Vorstand die drei Herren: Geheimen Regierungsrat Dr. von Böttinger, Mitglied des Herrenhauses, Elberfeld, Professor Dr. von Parseval-Berlin und Professor Dr. Prandtl-Göttingen, welche die Befugnisse und Ämter unter sich verteilen sollten. Er genehmigte dann den von Herrn Geheimrat von Böttinger aufgestellten Etat für das laufende Geschäftsjähr 1912/13 und erklärte sich mit der Einforderung der Mitgliedsbeiträge einverstanden. Die Geschäftsführung wurde Herrn Béjeuhr vom Deutschen Luftfahrer-Verband übertragen. Zur Geschäftsstelle wurden die Räume des Kaiserlichen Aero-Clubs, Berlin W. 30, Nollendorfplatz 30, bestimmt.

Betreffs der den Ordentlichen Mitgliederversammlungen anzuschließenden Fachsitzungen wurde bestimmt, daß das Programm derselben vom Wissenschaftlich-Technischen Ausschuß vorbereitet und vom Vorstand festgelegt wird. Es sollen nach Möglichkeit die auf den Fachsitzungen zu haltenden Vorträge vorher im Druck den einzelnen Mitgliedern zugesandt werden, damit diese sich auf die Diskussion vorbereiten können, weil besonders diese Diskussion ein vielseitiges Erfahrungsmaterial ergeben wird. Für das Gründungsjahr übernahm der Arbeitsausschuß zum Teil die Arbeit des Wissenschaftlich-Technischen Ausschusses und stellte vorläufig nach Umfrage in der Versammlung folgende 5 Themata für die nächste Ordentliche Mitgliederversammlung fest:

1. Luftschraubenuntersuchungen.
2. Die Luftbewegung in der Erdnähe mit Berücksichtigung der Erfahrungen der Luftfahrer.

3. Sicherheitskoeffizienten beim Luftfahrzeugbau.
4. Die Festigkeit bei Luftschiffen.
5. Der Einfluß der Seiten- auf die Höhensteuerung bei Luftschiffen.

Es sprach sich dann dahin aus und schloß sich hierin den Wünschen der Gründungsversammlung an, daß eine Ordentliche Mitgliederversammlung noch im Gründungsjahre stattfinden müsse, um die Festlegung der Satzung und die Eintragung der Gesellschaft ins Vereinsregister zu erledigen. Als Termin wurde Oktober und November in Aussicht genommen, nachdem S. K. H. Prinz Heinrich erklärte, daß er jetzt noch keinen bestimmten Termin angeben könne, wann ihm eine Leitung dieser Versammlung, auf die natürlich von seiten des Arbeitsausschusses der größte Wert gelegt wurde, möglich sei. Auf Einladung der Herren August Euler und Professor Hartmann - Frankfurt a. M. wurde beschlossen, die Versammlung in Frankfurt a. M. stattfinden zu lassen, besonders im Hinblick auf die wissenschaftlichen Anstalten und die die Luftschiffahrt interessierenden industriellen Unternehmungen dieser Stadt. Endlich wurde noch Professor Dr. Prandtl mit der Einberufung des Wissenschaftlich-Technischen Ausschusses beauftragt, dessen baldiger Zusammentritt als wünschenswert bezeichnet wurde.

Nachdem die Vorarbeiten so weit erledigt waren, trat der Wissenschaftlich-Technische Ausschuß am 14. Juli zu seiner Konstituierung in den Räumen des Kaiserlichen Aero-Klubs zusammen, über welche Sitzung Herr Professor von Parseval im folgenden Teil des Versammlungsberichtes (S. 33) ausführliche Angaben macht. Auf dieser Sitzung wurden folgende Unterausschüsse festgesetzt, die unter einem Obmann selbständig arbeiten sollten:

a) Ausschuß zur Beurteilung von Erfindungen.
b) Ausschuß für literarische Auskünfte und Literaturzusammenstellung.
c) Ausschuß für Aerodynamik.
d) Ausschuß für Motoren.
e) Ausschuß für konstruktive Fragen der Luftfahrzeuge mit besonderer Berücksichtigung der Sicherheitsvorschriften.
f) Ausschuß für medizinische und psychologische Fragen.
g) Ausschuß für Vereinheitlichung der Fachsprache.
h) Ausschuß für Meßwesen.
i) Ausschuß für Aerologie.
k) Ausschuß für luftelektrische Fragen.

Die Unterausschüsse sollen ihre Korrespondenz selbständig oder unter Zuhilfenahme der Geschäftsstelle erledigen. In jedem Fall erhält jedoch die Geschäftsstelle zu ihren Akten Kenntnis der geführten Korrespondenz, so daß durch die Geschäftsstelle über alle von der W. G. F. und ihren Unterausschüssen geführten Angelegenheiten Auskunft zu erhalten ist. Inzwischen hat dann noch die Ordentliche Mitgliederversammlung beschlossen, auf Vorschlag des Vorstandes den Obmännern der Unterausschüsse das Recht zu gewähren, den Sitzungen des Gesamtvorstandes beizuwohnen, um so die Wünsche der betreffenden Kommission vortragen und begründen zu können.

Der Wissenschaftlich-Technische Ausschuß besprach dann noch die vom Arbeitsausschuß vorgeschlagenen 5 Hauptthemata für die Frankfurter Tagung und befaßte sich grundsätzlich mit dem für diese Mitgliederversammlung vorzunehmenden Programm.

Dann wurde durch Vermittlung von Herrn Geheimrat Tull aus dem Ministerium der Öffentlichen Arbeiten der vom Arbeitsausschuß grundsätzlich festgelegte Satzungsentwurf von Herrn Regierungsrat Dr. von Hülsen aus dem Kultusministerium den Anforderungen des Vereinsgesetzes angepaßt und hierauf dem Geschäftsführendem Vorstand erneut vorgelegt. Er wurde dann unter gütiger Mitwirkung von Herrn Professor Dr. Poeschel - Meißen noch redaktionell umgearbeitet und konnte hierauf den Mitgliedern noch vor der Frankfurter Tagung zur Kenntnisnahme und Kritik zugesandt werden.

Inzwischen hatte sich in Frankfurt unter regster Beteiligung der interessierten Kreise ein Lokalkomitee gebildet, das ein Programm für den äußeren Verlauf der Tagung aufstellte und sich in dankenswertester Weise bereit erklärte, die örtliche Organisation zu übernehmen. Es darf vielleicht gleich hier festgestellt werden, daß vornehmlich dieser ausgezeichneten Organisation der glänzende Verlauf der Frankfurter Tagung zu danken ist, so daß dem Lokalkomitee, dem Physikalischen Verein, dem Frankfurter Verein für Luftschiffahrt, den Euler-Flugzeugwerken, den Adler-Fahrradwerken und der Propellerfabrik Chauvière, insbesondere aber den Herren Geheimrat Dr. Gans, Professor Dr. Wachsmuth, Geheimrat Andreae, Fabrikbesitzer August Euler, Kommerzienrat Dr. Kleyer und Direktor Billmann der Dank der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik gebührt.

Ferner hatte Herr Professor Prandtl die Besprechung und die Korrespondenz für die auf der Tagung zu haltenden Vorträge so weit geführt, daß nach Rücksprache mit dem Ehrenvorsitzenden, S. K. H. Prinz Heinrich der Vorstand zur Frankfurter Tagung die Einladungen zum 25. und 26. November 1912 mit gleichzeitiger Bekanntgabe der Tagesordnung ergehen lassen konnte.

Diese Einladungen sind außer den Mitgliedern der Gesellschaft den maßgebenden Behörden und Verbänden zugeschickt, sowie den noch nicht der Gesellschaft angehörenden Fachleuten und Interessenten. Wie uns aus persönlichen Bemerkungen und Zuschriften ersichtlich geworden ist, sind jedoch noch eine Reihe namhafter Fachleute sowie Korporationen unberücksichtigt geblieben.

Wir möchten daher an dieser Stelle die ganz besondere Bitte an die verehrlichen Mitglieder richten, uns vor der nächsten Versammlung die Adresse aller in Frage kommenden ihnen bekannten Stellen gütigst mitteilen zu wollen, damit die Einladungen möglichst vollständig ergehen. Diese Adressenangabe ist uns auch deshalb von großem Wert, weil wir hierdurch die rege Werbetätigkeit der Mitglieder, die unbedingt nötig ist, am besten unterstützen können.

---

2. Verlauf der ordentlichen Mitgliederversammlung.

Am Sonntag, dem 24. November, am Vortage der Versammlung, fanden bereits eine Reihe Sitzungen der Unterausschüsse (z. B. des Ausschusses für medizinische und psychologische Fragen, des Ausschusses für Meßwesen, des Ausschusses für literarische Auskünfte und Literaturzusammenstellung) statt, während nachmittags der Gesamtvorstand zu einer Vorbesprechung der ordentlichen Tagung zusammentrat. In dieser Vorbesprechung wurden hauptsächlich einige Vorstandsbeschlüsse für die morgige Versammlung formuliert und eine Reihe geschäftlicher Angelegenheiten erledigt.

Hierauf vereinigte eine Einladung des Frankfurter Vereins für Luftschiffahrt die bereits anwesenden Teilnehmer an der Versammlung zu einem zwanglosen Begrüßungsabend im Carltonhotel, der in angeregtester Weise verlief. Auf einige herzliche Begrüßungsworte des 1. Vorsitzenden des Frankfurter V. f. L., Herrn Geheimrat Andreae, die den Gästen gewidmet waren, dankte Herr Geheimrat Dr. v. Böttinger als Vorsitzender der W. G. F., indem er auf die vielfachen Beziehungen der Stadt Frankfurt und des Frankfurter V. f. L. zur Luftschiffahrt zu sprechen kam. Hierfür stattete Herr Stadtrat Lewin im Namen der Stadt Frankfurt a. M. den Dank ab und wünschte der morgen beginnenden Versammlung besten Erfolg.

Am Montag, vormittags 9 Uhr, begann im großen Hörsaal des Physikalischen Vereins die erste Fachsitzung; sie wurde durch einige Begrüßungsansprachen eingeleitet, worauf die Erledigung des geschäftlichen Teils folgte. Es wurde vor allen Dingen die Satzung der Gesellschaft endgültig angenommen, der Gesamt- und der Geschäftsführende Vorstand gewählt bzw. ergänzt, die Rechnungsprüfer gewählt, der vom Vorstand aufgestellte Etat für das laufende Geschäftsjahr bestätigt, die Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftfahrt zum offiziellen Organ der Gesellschaft bestimmt, der Eintritt in die Reihe der wissenschaftlichen Vereine des Deutschen Luftfahrer-Verbandes beschlossen und als nächster Tagungsort für die Ordentliche Mitgliederversammlung 1913 Berlin festgesetzt.

Nach einem kleinen Frühstück, das der Vorsitzende des Physikalischen Vereins Herr Geheimrat Dr. L. Gans, den Teilnehmern der Gesellschaft in den Räumen des Physikalischen Vereins gab, eröffnete die Reihe der wissenschaftlichen Vorträge Herr Professor Dr.-Ing. Hans Reißner - Aachen mit einem Referat über „Beanspruchung und Sicherheit von Flugzeugen". Es war vorauszusehen, daß diesem wichtigen Thema eine umfangreiche Diskussion folgen würde. Sie war derart angeregt, daß sie bis in den Nachmittag hinein unter regster Beteiligung der Herren Barkhausen, Baumann, Bendemann, Euler, Förster, Friedlaender, Groß, Grulich, Hirth, Kober, v. Parseval, Romberg, Scheit, Schütte, Weber und dem Vortragenden vor sich ging.

Hierauf folgte der Vortrag von Ingenieur Schnetzler: „Erfahrungen auf dem Flugplatz". Es mußte bei diesem Vortrag von einer Diskussion abgesehen werden, weil die Besichtigung der Motorenabteilung der Adler - Fahrradwerke, vormals Heinrich Kleyer, in Aussicht genommen war, und die von der Firma in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellten Automobile bereits eine Zeitlang warteten.

Der Besichtigung ging in einem festlich geschmückten Teil des Neubaues dieser Firma eine kurze Kaffeetafel voraus, die nach der langen Diskussion besonders angenehm von den Teilnehmern empfunden wurde. Die Besichtigung erstreckte sich wegen der Größe des Unternehmens in der Hauptsache auf die Motorenabteilung, und die Teilnehmer hatten Gelegenheit, nicht nur die Entstehung und Herstellung der Motoren und Automobile von Grund auf bis ins kleinste kennen zu lernen, sondern ihnen konnte auch die Inbetriebnahme eines großen, ganz neuen Flügels der Fabrik vorgeführt werden. Dieser Neubau gewinnt besondere Wichtigkeit dadurch, weil er für die Motorenfabrikation für Luftfahrtzwecke bestimmt ist. Nach der äußerst interessanten Besichtigung vereinigte ein kleiner Imbiß im gleichen Raum die Teilnehmer nochmals, und hier nahm der Vorsitzende der W. G. F., Herr Geheimrat v. Böttinger, Gelegenheit, Herrn Kommerzienrat Dr. Kleyer, der mit einem Stabe von Direktoren in liebenswürdigster Weise selbst die Führung durch das Unternehmen übernommen hatte, den aufrichtigsten Dank der Gesellschaft zum Ausdruck zu bringen. Ein kleiner Teil von Interessenten nahm hierauf noch eine Besichtigung der Deutschen Chauvière - Propellerwerke unter Führung des Herrn Direktor Billmann vor, worauf sich die Teilnehmer abends zu einem zwanglosen Abendessen im Hotel Imperial zusammenfanden.

Am nächsten Tage führte zur Begrüßung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik der Eulerflieger Leutnant v. Hiddessen einen größeren Flug aus. Schon in aller Frühe erschien er mit Leutnant Koch als Begleiter in seinem Zweidecker über Frankfurt und kreuzte längere Zeit über der Viktoria-Allee, wo das Versammlungslokal lag. Nach einer Landung in Niederrad stieg er zum zweiten Male zu einem Flug nach Darmstadt auf und umkreiste längere Zeit das Schloß, in dem Prinz Heinrich Wohnung genommen hatte.

Vormittags 9 Uhr wurde die Fachsitzung durch S. K. H. Prinz Heinrich von Preußen eröffnet, der um 9 Uhr in Begleitung des Prinzen Friedrich Karl von Hessen vor dem Physikalischen Verein eingetroffen war. Zur Begrüßung hatten sich außer dem Vorstand eingefunden der Kommandierende General des 18. Armeekorps Freiherr von Schenck, Oberbürgermeister Voigt, Polizeipräsident Rieß von Scheurnschloß. Im großen Hörsaal übernahm Prinz Heinrich von Preußen den Vorsitz. Er sprach seine Freude darüber aus, daß er der Versammlung beiwohnen könne und hoffte, weil sich in allen Kreisen der Bevölkerung ein großes Interesse für die Flugtechnik gezeigt habe, daß die Versammlung gute Resultate zeitigen möge. Dann erhielt Oberbürgermeister Voigt das Wort, der im Namen der Stadt den Dank dafür zum Ausdruck brachte, daß die Wissenschaftliche Gesellschaft für Flugtechnik ihre erste Tagung in Frankfurt a. M. abhalte, und daß ihr Ehrenvorsitzender, Prinz Heinrich von Preußen das Präsidium führe. Sie sehe darin eine Anerkennung für die wissenschaftlichen

Bestrebungen, die in Frankfurt schon seit langem heimisch geworden seien. Ferner danke er den Herren der Gesellschaft dafür, daß sie bestrebt seien, die Arbeiten der Flugtechnik wissenschaftlich zu durchdringen und festzuhalten. Dieser deutschen Art wäre es zu danken, wenn in nicht allzu ferner Zeit das deutsche Flugwesen das Ausland hoffentlich überflügelt haben werde. Dieses Haus werde als ein Teil der zukünftigen Universität vielleicht dazu ausersehen sein, einen Lehrstuhl für Flugwesen in sich aufzunehmen. Mit einer Einladung für Dienstag abend in den „Römer" und mit dem Wunsche, daß die Flugwissenschaft zum Segen des Vaterlandes dienen möge, schlossen die interessanten Ausführungen. Nach einigen Dankesworten von Geheimrat Dr. von Böttinger begann Herr Dr. Linke - Frankfurt a. M. an Stelle des plötzlich erkrankten Herrn Geheimrat Dr. Hergesell - Straßburg i. Els. mit einem Referat über die „Windbewegungen in der Nähe des Bodens". Ihm schloß sich Geheimrat Dr. Aßmann - Lindenberg mit einem Vortrag über „Vorschläge zum Studium der atmosphärischen Vorgänge im Interesse der Flugtechnik" an, über welche beiden Vorträge eine gemeinsame, sehr angeregte und ergebnisreiche Diskussion eröffnet wurde, trotzdem der Vorsitzende die Redezeit der zur Diskussion sprechenden Herren auf 5 Minuten beschränken mußte. An der Diskussion beteiligten sich außer den Vortragenden die Herren Barkhausen, Baumann, v. d. Borne, Euler, Hirth, Hoff, Grosse, Kölzer, Prandtl, Schnetzler, Süring, Wachsmuth.

Hierauf folgte der Vortrag von Dipl.-Ing. Hoff über „Versuche an Doppeldeckern zur Bestimmung ihrer Eigengeschwindigkeit und ihres Flugwinkels". Mit Rücksicht auf die vorgeschrittene Zeit mußte von einer Diskussion abgesehen werden, so daß sofort der nächste Vortrag durch Herrn Hofrat Professor Dr. Friedlaender - Hohe Mark über die „Physiologie und Pathologie der Luftfahrt" folgen konnte. Weil auch hier mit Rücksicht auf die vorgeschrittene Zeit von einer Diskussion abgesehen werden mußte, so schloß sich der Schlußvortrag des Herrn Dr. Bruger als Referent über einen neuen Kreiselkompaß unmittelbar an.

Unter großem Beifall wurde dann das Absenden eines Huldigungstelegramms folgenden Wortlautes beschlossen:

„Seiner Majestät dem Kaiser, Donaueschingen.

Seiner Majestät versichert die unter meinem Vorsitz tagende Wissenschaftliche Gesellschaft für Flugtechnik ihren tiefempfundenen Dank für die durch Euer Majestät der gesamten Luftfahrt zuteil werdende tatkräftige Fürsorge und erbittet Euer Majestät weitere allerhöchste Förderung.

Heinrich, Prinz von Preußen",

auf das am gleichen Tage folgende Antwort einlief, die das außerordentliche Interesse erkennen läßt, das unser Kaiser den Bestrebungen der Wissenschaftlichen Gesellschaft entgegenbringt.

„Prinz Heinrich von Preußen, Frankfurt a. M.

Ich danke Dir für die mir namens der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik ausgesprochene Anerkennung und ersuche Dich, den Mitgliedern

der Gesellschaft mitzuteilen, daß ich nach wie vor ihren Bestrebungen im Interesse der Landesverteidigung und der Industrie mein wärmstes Interesse betätigen werde.

Donaueschingen, 26. 11. 12. Wilhelm I. R.“

Hierauf folgte eine Besichtigung der Ausstellung für Meßwesen, die der Obmann des Unterausschusses, Herr Professor Dr. Wachsmuth, in den nebenliegenden Räumen des Physikalischen Instituts veranlaßt hatte. Da eine Reihe der Teilnehmer an der Versammlung gleichzeitig Aussteller von Instrumenten war, so gestaltete sich die Demonstration zu einer sehr instruktiven, und die Abfahrt nach den Euler-Flugzeugwerken verzögerte sich recht erheblich.

Auch heute hatten die Adlerwerke sich in gütiger Weise bereit erklärt, die zur Hinausbeförderung der Teilnehmer notwendigen Automobile gratis zu stellen, so daß in verhältnismäßig kurzer Zeit sich die Herren in den behaglich eingerichteten Räumen des schmucken Wohnhauses auf dem Euler-Flugplatz zusammenfanden, wo sie von dem Gastgeber und seiner liebenswürdigen Gattin in zuvorkommendster Weise empfangen wurden. Nach dem Frühstück, das unserm Ehrenvorsitzenden Gelegenheit gab, dem Gastgeber als seinem früheren Fluglehrer den besonderen Dank der Gesellschaft für die freundliche Aufnahme und das bereitwillige Entgegenkommen zum Ausdruck zu bringen, wurde zur Besichtigung der Euler-Flugzeugwerke geschritten.

Zunächst erfolgten durch einige der anwesenden Offiziere besonders instruktive Flüge (bei einem Fluge von Leutnant von Hiddessen, der unter recht schwierigen Verhältnissen stattfand, wurde das von Herrn Geheimrat Aßmann zur Verfügung gestellte, in seinem Vortrag erwähnte Registrierinstrument mitgeführt, das interessante Aufzeichnungen zurückbrachte). Dann wurde unter Führung des Herrn Euler das umfangreiche Werk besichtigt, wobei Herr Euler es sich besonders angelegen sein ließ, die verschiedenen Gesichtspunkte, die für ihn bei der Flugzeugherstellung maßgebend waren, am einzelnen Objekt zu erklären, so daß wohl gerade diese Besichtigung zu den genußreichsten für die Teilnehmer zu zählen ist.

Satzungsgemäß sollte sich die Versammlung nur auf zwei Tage erstrecken, so daß am gleichen Abend das Schlußessen stattfand, das die Stadt Frankfurt a. M. in den historischen Räumen des „Römer“ der Gesellschaft in besonders festlicher Weise zu einer bleibenden Erinnerung für die Teilnehmer gestaltete.

An der Hauptversammlung am 25. und 26. November 1912 nahmen laut der herumgereichten Präsenzliste u. A. teil:

Seine Königl. Hoheit Prinz Heinrich von Preußen	Kiel
Seine Hoheit Prinz Friedrich Karl von Hessen	Darmstadt
von Böttinger, Geh. Regierungsrat Dr., Mitglied des Herrenhauses	Elberfeld
von Parseval, A., Professor Dr.	Charlottenburg
Prandtl, Professor Dr.	Göttingen
Andreae, Geh. Kommerzienrat	Frankfurt a. M.
Aßmann, Geheimer Regierungsrat	Lindenberg
Barckhausen, Geh. Regierungsrat Prof. Dr.	Hannover

Baumann, Professor	Stuttgart
Becker, E.	Steglitz
Bendemann, Dr.-Ing.	Königswusterhausen
van Beers	Darmstadt
Berndt, Geh. Baurat Professor	Darmstadt
Betz, Dipl.-Ing.	Göttingen
Billmann, Direktor	Frankfurt a. M.
Brauer, E., Geheimer Regierungsrat Professor Dr.	Karlsruhe
Braun, Leutnant	Metz
Brecht, A.	Frankfurt a. M.
Bruger, Dr.	Frankfurt a. M.
von dem Borne, Professor Dr.	Krietern
von Dewall, Hauptmann	Darmstadt
Dransfeld	Frankfurt a. M.
Ernst, Hauptmann	Straßburg i. E.
Euler, August, Fabrikbesitzer	Frankfurt a. M.
Fleischer, Redakteur	Frankfurt a. M.
von Flotow,	
Friedländer, Hofrat Prof. Dr.	Hohe Mark i. T.
Förster, Leutnant	Berlin
von Funcke, Hauptmann	Dresden.
Gans, Geh. Kommerzienrat Dr.	Frankfurt a. M.
Geerdtz, Hauptmann	Berlin
Gehlen, Dipl.-Ing.	Aachen
George, Hauptmann	Berlin
Groß, Major	Berlin
Grosse, Professor Dr.	Bremen
Grulich, E., Dr.	Darmstadt
Grulich, Karl, Dipl.-Ing.	Johannisthal
Grübler, Geheimrat Prof. Dr.	Dresden
Grützner, Hauptmann	Berlin
Hartmann, Professor Dr.	Frankfurt a. M.
Hentzel	Frankfurt a. M.
von Hiddessen, Leutnant	Döberitz
Hirth, Hellmuth, Oberingenieur	Johannisthal
Hirsch, Paul, cand math.	Göttingen
Hoff, Dipl.-Ing.	Straßburg
von Hofacker, Oberst	Frankfurt a. M.
Hormel, Kapitänleutnant a. D.	Berlin
von Hugo, Kapitänleutnant, pers. Adjutant S. Königl. Hoheit des Prinzen Heinrich	Kiel
Huppert, Professor	Frankenhausen a. Kyffh.
von Jagnitz	Frankfurt a. M.
Jaeger, Dr.	Bremen
Joseph, Dr.	Frankfurt a. M.
Kaemmerer, W., Vertreter d. Ver. deutsch. Ing.	Berlin
von Kármàn, Dr., Privatdozent	Göttingen
Kleyer, Heinrich, Dr., Kommerzienrat	Frankfurt a. M.
Kleyer, Wilhelm, Dr.	Frankfurt a. M.
Kleyer, E.	Frankfurt a. M.
Krause, Max, Fabrikbesitzer	Berlin
Krey, Regierungs- und Baurat	Berlin
Kober, Dipl.-Ing.	Friedrichshafen a. B.
Koch, Direktor	Frankfurt a. M.

Kölzer, Dr.	Cöln
König, Dr. Professor	Gießen
Lehmann, Major	Berlin
Linke, Dr.	Frankfurt a. M.
Liebmann, Dr.	Frankfurt a. M.
Lueger	Frankfurt a. M.
von Lyncker, Freiherr, Exzellenz, General d. Inf.	Berlin
Margella, Jakob, Redakteur	Leipzig
Messing, Generalmajor	Berlin
Muench, F., Assistent des	Feldberg-Observatoriums
Nusselt, Dr.-Ing.	Dresden
von Oldershausen, Freiherr, Oberstleutnant	Straßburg i. E.
Oppenheimer, M. J., Fabrikbesitzer	Frankfurt a. M.
von Passavant, R.	Frankfurt a. M.
Paul, Techn. Direktor	Frankfurt a. M.
Peppler, A., Dr.	Gießen.
Pietzker, Marine-Baumeister	Berlin
Polis, Professor Dr.	Aachen
Pröll, Dr.-Ing.	Danzig-Langfuhr
Raabe, Leutnant a. D.	Cronberg i. T.
Rasch, Generalsekretär des D. L. V.	Berlin
Reinhardt, Leutnant	Darmstadt
Riess von Schleuernschloss	Frankfurt a. M.
Reissner, Professor Dr.-Ing.	Aachen
Romberg, Professor	Charlottenburg
von Soden, Freiherr, Dipl.-Ing.	Friedrichshafen a. B.
Solmitz, Oberleutnant	Döberitz
Süring, Professor Dr.	Potsdam
Szamatolski, Hofrat, Dr.	Frankfurt a. M.
Sticker, Gerichtsassessor	Berlin
Stuchtey, Dr.	Marburg
Scheit, Geheimer Hofrat Professor	Dresden
Schnetzler, Ingenieur	Frankfurt a. M.
Schneider	Frankfurt a. M.
Schlink, Professor Dr.-Ing.	Braunschweig
Schmiedecke, Generalmajor	Berlin
Schramm, Leutnant	Berlin
Schoof	Berlin
Schuch, Kaufmann	Hamburg
Schütte, Professor	Danzig
Ursinus, Zivilingenieur	Frankfurt a. M.
Vorreiter, Zivilingenieur	Berlin
Wachsmuth, Professor Dr.	Frankfurt a. M.
Weber, M., Professor	Hannover
Wieselsberger, C., Dipl.-Ing.	Göttingen

Geschäftssitzung

am Montag, 25. November, im großen Hörsaal des Physikalischen Vereins.

Die Versammlung wird um 9 Uhr durch den Vorsitzenden, Herrn Geheimen Regierungsrat Dr. von Böttinger eröffnet. Er teilt nach einigen herzlichen Begrüßungsworten mit, daß der Ehrenvorsitzende, Seine Königliche Hoheit Prinz Heinrich von Preußen infolge einer Verhinderung den heutigen Beratungen nicht beiwohnen könne, dafür aber die bestimmte Zusage gemacht habe, in der morgigen Tagung den Vorsitz zu führen.

Hierauf wird Herrn Geheimrat Dr. Gans, dem Vorsitzenden des Physikalischen Vereins, zu folgender Eröffnungsrede das Wort erteilt:

„Sehr verehrter Herr Präsident! Meine sehr geehrten Herren! Mit Stolz und Freude hat es uns erfüllt, daß Sie Frankfurt zu der Stätte gewählt haben, in der Sie Ihre erste Tagung abhalten, und mit besonderer Freude hat es den Physikalischen Verein, in dessen Namen ich hier zu sprechen die Ehre habe, erfüllt, daß Sie seine Einladung angenommen haben und in seinen Räumen Ihre erste Sitzung abhalten. Der Physikalische Verein empfindet darüber umsomehr Genugtuung, weil er darin eine Anerkennung der Bestrebungen sieht, die er von langen Jahren her pflegt, und die ihn auch aufs engste mit den Bestrebungen verbinden, welche Sie auf Ihre Fahne geschrieben haben.

Wir waren schon lange der Ansicht, daß nicht durch halsbrecherische Übungen und mehr oder minder gewagte Konkurrenzen der eigentliche Fortschritt auf dem Gebiete, welches Sie hier zusammenführt, bedingt wird, sondern durch wissenschaftliche Vertiefung, wissenschaftliche Erkenntnis, die wohl allein für uns passend ist, unserer nationalen Eigentümlichkeit am nächsten liegt und wohl am meisten und besten geeignet ist, Deutschland in erster Linie in die Front, oder sollen wir hier sagen, in die Höhe zu bringen, in die Höhe, in der wir es zu sehen wünschen.

Der Physikalische Verein hat schon seit seinem Bestehen, seit Anfang des vorigen Jahrhunderts, sich mit den Fragen beschäftigt, die, wenn auch entfernter, das Gebiet, welches Sie beschäftigt, streifen, durch meteorologische Beobachtungen, die wir seit 30 Jahren veröffentlicht haben, und die ein wertvolles Material für die Kenntnis unserer Wetter- und Windverhältnisse bilden. Seit dem Jahre 1906 haben wir einen Dozenten für Meteorologie bestellt, in der Person des Herrn Dr. Wegener, der Ihnen allen ja als kühner und erfolgreicher Luftschiffer bekannt ist; und unter seinem Nachfolger Herrn Dr. Linke ist die Aerologie mit in den Kreis derjenigen Wissenschaften

gezogen worden, welche unser Verein pflegt. Als letzte Frucht dieser Tätigkeit ist die Gründung eines aerologischen Observatoriums auf dem Feldberg, der höchsten Spitze des Taunus, zu bezeichnen, dessen Aufgabe es sein wird, in der gleichen Linie tätig zu sein; und einige Punkte der diesmaligen Tagesordnung, die Vorträge von Herrn Geheimrat Hergesell und von Herrn Professor Aßmann, betreffen Gebiete, auf denen das aerologische Observatorium auf dem Feldberg auch tätig zu sein beabsichtigt. Auch die Erforschung der elektrischen Erscheinungen in höheren Atmosphären wird zu seinen Aufgaben gehören, und wir hoffen, durch diese Forschungen der Motorluftschiffahrt Dienste leisten zu können. Es wäre uns außerordentlich lieb gewesen, wenn wir es hätten ermöglichen können, Ihnen den Besuch des Feldberg-Observatoriums bei dieser Gelegenheit darbieten zu können; aber die Witterungsverhältnisse haben es unzweckmäßig erscheinen lassen, das in unser Programm aufzunehmen. Ich möchte aber die Herren bitten, bei einem gelegentlichen Besuch doch auch dieses landschaftlich wunderhübsch gelegene Institut zu besichtigen; es ist sehr empfehlenswert.

Die Bestrebungen oder die Arbeiten des Physikalischen Vereins führten auch dazu, daß er im Jahre 1909 im Frankfurter Verein für Luftschiffahrt, der ebenfalls aus dem Physikalischen Verein hervorgegangen ist, das Unternehmen förderte und in die Wege leitete, welches mein verehrter Freund Andreae gestern schon erwähnt hat, die Erste Internationale Luftschiffahrts-Ausstellung. Sie ist ja im Anfang mit sehr großem Mißtrauen begrüßt worden, und man hat vielfach die Ansicht gehegt, daß es zu früh sei, einen generellen Überblick über dieses Gebiet in Form einer Ausstellung zu veranstalten. Aber die Zeit hat gelehrt, daß wir mit unserem Optimismus doch recht gehabt haben, und daß es richtig war, gerade einen Moment zu wählen, in dem dieses Gebiet in so schwungvoller und lebhafter Entwicklung gewesen ist, daß gerade dieser Moment auch geeignet war, das Interesse für die Fragen, die hier in Betracht kommen, in weiteste Kreise zu tragen und damit nützlich zu wirken. Es konnte dies nur dadurch möglich sein, daß die Ila sich auf wissenschaftlichen Boden gestellt hat, und dieser Boden war ihr nur möglich durch die Mitwirkung des Physikalischen Vereins und namentlich der an ihm tätigen Dozenten. Ergebnisse der Ausstellung liegen vor in der Sammlung der von Herrn Professor Wachsmuth herausgegebenen Vorträge, die innerhalb des Ila-Sommers meistens in diesen Räumen gehalten worden sind, von ersten Autoritäten auf verschiedenen Gebieten, und zwar von einer Anzahl von Herren, die ich auch hier vor mir sehe. Der Band gibt ein sprechendes und interessantes Bild über unsere derzeitigen Kenntnisse. Ebenso sind die Ergebnisse der Ausstellung, welche ebenfalls in einem von der Ila herausgegebenen und seitens der Herren Lepsius und Wachsmuth verarbeiteten Bericht erschienen sind, eine höchst wertvolle Festhaltung der derzeitigen Kenntnisse, über die die Literatur wohl nicht hinwegsehen kann. Ein dritter Band, der infolge besonderer Verzögerung soeben erst die Presse verläßt, hat sich auch die Aufgabe gestellt, in einer historischen Abteilung alle diejenigen bildlichen und literarischen Ver-

öffentlichungen zu vereinigen, welche für die Geschichte der Luftschiffahrt von Interesse sind. Und diesen amüsanten und durch viele Bilder verschönten Band lege ich hier zu Ihrer Einsicht auf. Er hat eben die Presse verlassen. Ich beabsichtige, morgen unserem verehrten Herrn Ehrenpräsidenten, Seiner Königlichen Hoheit Prinz Heinrich von Preußen, ein Exemplar des Buches zu überreichen.

In den Ilatagen hat auch die Gründung der ersten deutschen Luftschiffahrtsgesellschaft stattgefunden, der Delag, und es hat auch dort gewissermaßen, wenn auch den Ereignissen vorauseilend, die erste Tagung Ihrer Gesellschaft stattgefunden. Denn die Göttinger Vereinigung, die ihre Jahresversammlung in den Ilaräumen hier in Frankfurt gehalten hat, hat zum ersten Male dort Gelegenheit genommen, auch mit der Praxis in Berührung zu treten, und zwei Mitarbeiter der Ila, Herr Euler und Herr Oberst Ilse, haben Vorträge gehalten, die zu größeren Diskussionen und zu großem Interesse Anlaß gegeben haben. Es war wohl eine Folge dieser ersten Besprechung der Luftschiffahrt innerhalb der Göttinger Vereinigung, daß bei der folgenden Jahresversammlung der genannten Gesellschaft, im Jahre 1911, ebenfalls die Fragen, die die Luftschiffahrt betreffen, im Mittelpunkt der höchst interessanten Verhandlungen gestanden haben.

Das führt weiter zur Ala, die eine Nachfolgerin der Ila gewesen ist, und so schließt sich der Kreis, welcher die innigen Beziehungen des Physikalischen Vereins zu der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik darstellt. Durch diesen Kreis, durch die innige Verbindung wird es klar, weshalb wir mit Befriedigung und Genugtuung darauf sehen, daß Sie hier in Frankfurt Ihre Sitzung abhalten. Um so größer ist unsere Freude, und um so größer ist die Herzlichkeit unseres Wunsches, daß Ihre Tagung den vollsten und schönsten Erfolg haben werde, und daß Sie, meine sehr verehrten Herren, gerne und freudig an Ihren Aufenthalt zurückdenken werden. (Lebhafter Beifall.)

Hierauf ergreift der Vorsitzende, Herr Geheimrat von Böttinger, das Wort zu folgender Eröffnungsrede, wobei er zugleich zu Punkt a) der Tagesordnung: Bericht des Vorstandes übergeht:

„Hochverehrtester Herr Geheimrat! Wir haben Ihnen heute einen doppelten Dank auszusprechen: einmal in Ihrer Eigenschaft als Vorsitzender des Physikalischen Vereins für die interessanten Ausführungen, die Sie uns soeben gemacht haben, und sodann Ihnen persönlich, daß Sie die Güte hatten, uns als Ihre Gäste beim Frühstück einzuladen. Dem Physikalischen Verein bitten wir Sie aber, den Dank, den wir ihm schulden, warm und herzlich unserseits zum Ausdruck zu bringen. Wir betrachten es sicherlich als ein gutes Omen, daß wir gerade hier in diesen herrlichen Räumen unsere erste offizielle Tagung nach unserer Konstituierung halten dürfen, an dieser Stätte, die geschaffen und ein Beispiel ist edlen deutschen Bürgersinns, eine Stätte, die von Frankfurtern errichtet zur Förderung der Wissenschaften. Es ist dadurch wieder der Beweis erbracht, wie die alten Traditionen des guten Frankfurter Bürgersinnes auch unter den neuen Verhältnissen immer

aufrecht erhalten sind, und Frankfurt das ist, was es immer war: eine Zierde unter unseren deutschen Großstädten! — Wir hoffen auch zuversichtlich, daß das Vertrauen, das uns entgegengebracht worden ist, daß die Wärme, die uns die Frankfurter wieder erwiesen haben, uns helfen wird, wie ich gestern schon bemerkte, unsere Aufgabe in dem Sinne fortzusetzen, wie Sie alle es von uns erwarten, wie das ganze Vaterland, möchte ich sagen, es von uns erwartet. Denn ist auch unser Verein noch jung, ist auch die ganze Wissenschaft, mit der wir uns zu beschäftigen haben, vielleicht noch jung und ein Kind des jüngsten Jahrzehnts, so sind die Aufgaben um so größer, um so schöner und um so interessanter. Sie haben, verehrter Herr Geheimrat, in Ihren Ausführungen bereits darauf hingewiesen, wie in früheren Jahren die Ila vorgegangen ist, wie Frankfurt in dieser Beziehung bahnbrechend, vielleicht nach damaligen Anschauungen etwas zu optimistisch war, aber wie gerade dieser gesunde Optimismus sich auch hier wieder bewährt und den Grundstein gelegt hat für die weitere Entwicklung. Ich möchte aber noch auf eins hinweisen, was auch Frankfurt zu verdanken ist: das ist die Schöpfung der Delag, der Deutschen Luftschiffahrt-Aktiengesellschaft, welche von Frankfurt, von Ihrem hochverehrten Herrn früheren Oberbürgermeister Adickes ins Leben gerufen worden ist, unter der Mitwirkung einer Anzahl von Herren aus der Bürgerschaft, auch unseres verehrten Herrn Andreae, der ihr eine außerordentliche Tatkraft widmet und mit jugendlicher Frische im vergangenen Jahre noch in einem Z-Schiff über den Bodensee gefahren ist. Für diese Gesellschaft, die freilich leider manche Unglücksfälle hat überstehen müssen durch Verlust von Schiffen, die aber doch immer weiterarbeitet auf dem Gebiete der Luftschiffahrt und die Luftschiffahrt fördert, haben wir eigentlich auch in erster Linie den Frankfurter Herren zu danken.

Sie haben dann auch hingewiesen auf die Göttinger Vereinigung. Als Vorsitzender der Göttinger Vereinigung darf ich Ihnen hier auch verbindlichsten Dank aussprechen für das liebenswürdige Gedenken ihrer Arbeit. Meine Herren! Es wird Sie vielleicht interessieren zu hören, daß die Göttinger Vereinigung in Gemeinschaft mit der preußischen Unterrichtsverwaltung den ersten Lehrstuhl für Luftschiffahrt durch meinen verehrten Nachbar zur Linken, Herrn Professor Prandtl, in der ganzen Welt ins Leben gerufen hat. Dieser Frage war man noch an keiner Hochschule diesseits und jenseits des Meeres nähergetreten; die Göttinger Vereinigung hat es unter ihren vielen Aufgaben als eine der vornehmsten betrachtet, diese Frage zur Durchführung zu bringen, und ich glaube, ich darf sagen, wir haben auch diese Anregung wieder den Frankfurtern zu verdanken.

Die Tagung der Göttinger Vereinigung im vergangenen Jahre war es dann, auf welcher Herr Euler uns mit seinen Vorführungen erfreute. Das war erst die Veranlassung zur Gründung oder Errichtung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik. Die ersten Ideen wurden damals in Göttingen im vergangenen Jahre gefaßt, und wir sehen heute wieder, in welch fruchtbringender Weise dieselben erfolgt sind. Ich darf deshalb Ihnen, hochverehrter Herr Geheimrat, nochmals unseren doppelten Dank aus-

sprechen und Sie bitten, diesen den sämtlichen verehrten Vereinen übermitteln zu wollen.

Ich habe dann ferner bekannt zu geben, daß uns eine Reihe Briefe und Depeschen zugegangen sind von Vertretern der Regierung und Behörden, größeren Korporationen, sowie von unseren eigenen Mittgliedern, die durch irgendwelche Gründe verhindert wurden, an der Tagung teilzunehmen. So liegen mir hier Depeschen vor vom Geh. Oberregierungsrat Dr. Lewald im Auftrage des Staatssekretärs des Innern, ferner vom Geheimen Oberregierungsrat Albert, von Herrn Dr. Karl Lanz, Exzellenz Rieß von Scheurnschloß, Präsident der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, von Herrn Werftbesitzer Max Oertz, Professor Dr. Lepsius, Professor Dr. Richarz, Reichsrat Dr. v. Miller, Professor Dr. Tetens, Exzellenz Merten, Exzellenz v. Nieber, Kapitän Lübbert vom Reichsmarineamt, Ministerialdirektor Dammann, Geheimrat Dr. Tull vom Ministerium der Öffentlichen Arbeiten, Geheimrat Zimmermann, Graf v. Sierstorpff und endlich ein Schreiben vom Professor Dr. Ahlborn, der leider kurz nach seiner Ankunft hier in Frankfurt an einem schweren Influenzaanfall erkrankt ist und infolgedessen vor der Sitzung wieder abreisen mußte. In allen Zuschriften wird der Tagung und den Bestrebungen der Gesellschaft mit warmen Worten Erfolg gewünscht, und ich glaube in Ihrer aller Namen zu sprechen, wenn ich den verehrten Einsendern den verbindlichsten Dank der Gesellschaft zum Ausdruck bringe.

Meine Herren! Leider habe ich Ihnen aber, ehe wir in unserer Tagesordnung weiterschreiten, die bedauerliche Mitteilung zu machen, daß Herr Geheimrat Hergesell, wie er gestern telegraphiert hat, wegen einer Operation heute nicht kommen kann. Ich möchte Sie bitten, uns zu gestatten, in Ihrem Namen Herrn Professor Hergesell telegraphisch unsere besten Wünsche zu übermitteln.

Die diesjährige Tagung ist leider später erfolgt, als zunächst in Aussicht genommen war. Wie Sie sich erinnern, hatten wir im Mai beschlossen, im Oktober zusammenzukommen. Dadurch aber, daß unser Ehrenvorsitzender, Seine Königliche Hoheit Prinz Heinrich von Preußen genötigt war, nach Japan zu reisen, um als Vertreter Seiner Majestät des Kaisers bei der Beerdigung des Kaisers von Japan anwesend zu sein, mußte eine Vertagung stattfinden. Seine Königliche Hoheit hatten mich gebeten, davon Abstand zu nehmen. Aber da ich persönlich weiß, welch lebhaftes Interesse er an unserer Arbeit nimmt, und wie gern er in unserer Mitte sein wird, hielt der Vorstand es doch für richtiger, die paar Wochen später zusammenzukommen.

Meine Herren! Ich glaube, ich kann hier davon absehen, Ihnen Ausführungen zu machen über die Bedeutung der Luftschiffahrt im ganzen, über die Bedeutung der Aufgaben, die wir uns gestellt haben. Ich will nur das eine betonen, wie in allen Kreisen des ganzen Landes, in allen Teilen der Bevölkerung, in Deutschland und anderen Staaten die Luftschiffahrt heute die Losung ist, wie alles bestrebt ist, dieses neue Verkehrsmittel zu fördern, auszubauen und zu verbessern. Wir sehen das am besten an der hochherzigen

Stiftung S. M. des Kaisers, indem er aus seiner Privatschatulle den Betrag von 50 000 Mark zur Verfügung gestellt hat für den besten deutschen Flugmotor. Die Prüfung hat bereits in der vergangenen Woche begonnen und wird jetzt durchgeführt. Ein noch schlagenderer Beweis für die Bedeutung der Luftschiffahrt für unser Volks- und nationales Wesen ist die Nationalflugspende. Die Franzosen haben damit angefangen, sie haben mit großer Mühe die Nationalflugspende auf den Betrag von zwischen 2 und 3 Millionen Franken gebracht; unsere deutsche Nationalflugspende dagegen hat den Betrag von 6½ Millionen Mark erreicht. Also ungefähr das Zweieinhalbfache des französischen Betrages! Die Aufgaben, die die Nationalflugspende sich selbst gestellt hat, sind sehr weittragende und weitgehende, und wir wollen hoffen, daß sie auch zum Segen der Gesamtheit sein werden.

Meine Herren! Über die Tätigkeit Ihres Vorstandes habe ich Ihnen nicht sehr viel zu berichten. Es ist ja naturgemäß, daß, nachdem wir erst seit Anfang Mai mit den gesamten Vorarbeiten begonnen haben, die erste Zeit ausgefüllt war mit der Ausarbeitung der generellen Arbeiten, besonders der Statuten. Besonders stark war die Korrespondenz, die uns erwachsen ist durch die Gesuche um Unterstützung zum Ausbau von Maschinen, Ausbau neuer Flugzeuge usw., eine Aufgabe, die uns aber nicht zusteht, wobei wir uns aber doch durch wissenschaftlichen Aufschluß bemüht haben, die Eingaben der betreffenden Erfinder zu prüfen und ihnen unser Gutachten usw. darüber abzugeben.

Bezüglich der Zusammensetzung der Gesellschaft kann ich Ihnen mitteilen, daß wir zur Zeit 4 lebenslängliche Mitglieder haben, 310 ordentliche und 5 außerordentliche Mitglieder, ein für die Kürze des Bestehens wirklich außerordentlich erfreuliches Ergebnis.

Ich möchte nicht unterlassen, bei dieser Gelegenheit den Dank des Vorstandes dem Königl. Sächsischen Automobilklub und in erster Linie seinem Vorsitzenden, dem verehrten Herrn Geheimrat Scheit, auszusprechen für die tatkräftige Mitwirkung, die er uns hat zuteil werden lassen. Der Königl. Sächs. Automobilklub hat schon seit mehreren Monaten seine Mitglieder aufmerksam gemacht auf die Bedeutung und Notwendigkeit unserer Gesellschaft, und wir zählen jetzt bereits eine stattliche Anzahl von Herren zu ordentlichen Mitgliedern. Ich darf Ihnen, hochverehrter Herr Geheimrat Scheit, nochmals unseren besonderen Dank aussprechen und der Hoffnung Ausdruck geben, daß der Königl. Sächs. Automobilklub in dieser Beziehung nicht allein bleibt, sondern als ein gutes Vorbild wirken möge bei anderen ähnlichen, Automobil- oder sonstigen Gesellschaften! Denn, meine Herren, wir dienen nicht Partikular-Interessen, wir dienen der Allgemeinheit und fördern dadurch auch die Interessen dieser Vereine. Ich möchte deshalb auch an die einzelnen verehrlichen Mitglieder noch die besondere Bitte des Gesamtvorstandes richten, daß sie auch in ihren Kreisen wirken, um neue Mitglieder für unsere Gesellschaft zu gewinnen. Wir brauchen neue Mitglieder nicht nur des Beitrags wegen, sondern wir legen Wert auf die Mitwirkung einer großen Anzahl deutscher Männer, um die Aufgaben zu fördern, die wir uns gestellt haben!

Eine Anregung von Professor Romberg - Charlottenburg, das Eintrittsgeld (20 M.) auf längere Zeit noch nicht zu erheben, findet den Beifall der Versammlung, und zwar wird beschlossen, ein Eintrittsgeld erst vom Schluß der nächsten Ordentlichen Mitgliederversammlung an zu erheben. Dagegen findet der Antrag von Professor Prandtl - Göttingen, das Eintrittsgeld auf 10 Mark zu ermäßigen, wenig Anklang und wird deshalb zurückgezogen.

Hierauf erstattet Professor Dr. von Parseval den Bericht des Wissenschaftlich-Technischen Ausschusses. Der Bericht erstreckt sich zunächst auf eine namentliche Aufzählung der in der Sitzung vom 15. Juli errichteten Unterausschüsse mit ihren Mitgliedern und wendet sich dann den Unterausschüssen eingehender zu, die schon ihre Tätigkeit aufgenommen haben. Erhebliche Schwierigkeiten haben sich der Gründung des „Unterausschusses zur Beurteilung von Erfindungen" entgegengestellt. Seine Errichtung ist jedoch schließlich aus Zweckmäßigkeitsgründen beschlossen worden, und die rege Tätigkeit, die er bzw. der von ihm gebildete Arbeitsausschuß bisher entfaltet hat, spricht am besten für seine Notwendigkeit. Der Vorschlag, eine Gebühr für die Begutachtung zu erheben, ist nicht angenommen, vielmehr war es bestimmend für die Ansicht des Ausschusses, unbemittelten Erfindern die Möglichkeit zu einer Beurteilung zu erleichtern. Leider ist unter den vielen Erfindungen, die bisher in einer Reihe von Sitzungen begutachtet worden sind, nicht eine gewesen, deren Wert der Kommission eine Förderung derselben nahegelegt hätte.

Der „Unterausschuß für literarische Auskünfte und Literaturzusammenstellungen" wird zu einem weiteren Punkt der Tagesordnung durch seinen Obmann selbst Bericht erstatten. Der Ausschuß für konstruktive Fragen wird dadurch besondere Wichtigkeit erlangen, daß er die Sicherheitsvorschriften zu behandeln hat. Jedenfalls wird es von großer Bedeutung für das Ansehen der W. G. F. sein, daß dieser Ausschuß seine Vorschläge bei der gesetzgeberischen Behandlung der Luftfahrt zur Geltung bringen will. Ebenfalls von großer Wichtigkeit wird der Unterausschuß für medizinische und psychologische Fragen, weil ihm die Beratung der Sicherheitsmaßnahmen zufällt, soweit die Person des Luftfahrzeugführers selbst in Frage kommt. Die weiter bestehenden Ausschüsse für Vereinheitlichung der Fachsprache, für Meßwesen, für Aerologie und für luftelektrische Fragen haben ihre Tätigkeit noch nicht oder doch nur im beschränkten Maße aufgenommen, so daß über sie erst bei der nächsten Versammlung berichtet werden kann. Besonders aber vom letztgenannten Unterausschuß ist eine rege Tätigkeit möglichst schon in der nächsten Zeit zu erhoffen, um die Ursache vieler nicht aufgeklärter Brände bei Ballonen und Luftschiffen festzustellen.

Der Vorsitzende dankt Professor von Parseval für den mit Beifall aufgenommenen Bericht und teilt mit, daß der Ausschuß für medizinische und psychologische Fragen in einer gestern stattgehabten Sitzung 2 Resolutionen zur Beschlußfassung vorbereitet hat, die von dem Obmann Herrn Professor Dr. Friedländer später (Seite 38) zur Kenntnis gebracht werden. Er gibt ferner den Antrag des Vorstandes bekannt, die Vorsitzenden der Unterausschüsse mit beratender Stimme zu den Sitzungen des Gesamtvorstandes hinzuzuziehen, um ihnen





so Gelegenheit zu geben, die Wünsche ihrer Kommission im Vorstand zur Beratung zu stellen. Der Antrag wird einstimmig angenommen.

Hierauf führt der Vorsitzende zu Punkt c) der Tagesordnung: Antrag des Herrn Professor Dr. Poeschel - Meißen, den Namen der Gesellschaft abzuändern in: „Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt" aus, daß eine Diskussion hierüber nicht nötig werden wird, da Herr Professor Dr. Poeschel seinen Antrag zurückgezogen habe. Der Vorsitzende spricht namens des Vorstandes Herrn Professor Dr. Poeschel den besonderen Dank aus für das große Interesse und die Unterstützung bei der redaktionellen Fassung der Satzung. Der eingehenden Revision und den Anregungen bezüglich der stilistischen Wortstellung, Wortfassung und auch der Satzung selbst konnte in den meisten Fällen gerne Folge geleistet werden.

Beim nächsten Punkt d) der Tagesordnung stellt es sich als wünschenswert heraus, zunächst über Punkt h) betreffs der Einführung einer eigenen Zeitschrift zu sprechen, da ein hierauf bezüglicher Beschluß in die Satzungen aufgenommen werden muß. Professor Prandtl erstattet einen kurzen Bericht über die mit der Firma Oldenbourg gepflogenen Verhandlungen, die „Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt" zum offiziellen Organ der Gesellschaft zu machen. Hiernach erbietet sich der Verlag, diese Zeitschrift, deren wissenschaftliche Schriftleitung Herrn Professor Prandtl untersteht, bei obligatorischem Bezug für jedes Mitglied für 5 M. für den Jahrgang zu liefern, bei fakultativem Bezug für 9 M. gegen 12 M. im Abonnement, welcher Preis demnächst auf 16 M. erhöht werden wird. Da im einzelnen noch über den abzuschließenden Vertrag gesprochen werden soll, so sind einige kleinere Vergünstigungen für den Bezug noch zu erwarten. Es wird besonders darauf hingewiesen, daß ein einheitliches, in bestimmten Zeiträumen erscheinendes Organ sehr zur Festigung der Gesellschaft beitragen wird, zumal die Bekanntmachungen nicht mehr ausschließlich durch Rundschreiben, sondern an einem bestimmten Platz der Zeitschrift erfolgen können.

Eine Bemerkung, daß viele Mitglieder der Gesellschaft die Zeitschrift bereits durch einen anderen Verein erhalten, wird von Herrn Professor von Parseval dahin erwidert, daß der Reichsflugverein, der einzige Verein, der seinen Mitgliedern die Zeitschrift bisher obligatorisch zustellt, sie vom 1. Januar 1913 nicht mehr bezieht. Eine weitere Frage, ob die Gesellschaft bei dem in Aussicht genommenen Eintritt in den Deutschen Luftfahrer Verband nicht zum Bezug des Amtsblattes, der Deutschen Luftfahrer-Zeitschrift, gezwungen sei, wird vom Geschäftsführer dahin erledigt, daß diese Verpflichtung für die Reihe Vereine nicht bestehe, in welche die Gesellschaft aufgenommen zu werden wünscht. Es wird weiter angefragt, in welchem Maße die Gesellschaft an der Redaktion der Zeitschrift beteiligt sei, und festgestellt, daß die geschäftlichen Mitteilungen unter Verantwortung des Geschäftsführenden Vorstandes durch den Geschäftsführer veröffentlicht werden, und daß für den wissenschaftlichen Teil die Schriftleitung in Händen des Vorstandsmitgliedes Herrn Professor Dr. Prandtl liegt. Hierauf wird die Annahme der „Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt" als offizielles Organ der Gesellschaft mit großer Mehrheit beschlossen.

Zum gleichen Punkt der Tagesordnung berichtet sodann der Obmann des Ausschusses für Literaturzusammenstellung Herr Marinebaumeister Pietzker über die

gestrige Sitzung des Ausschusses und seine Beschlüsse. Der Ausschuß sieht es als eine der wichtigsten Aufgaben der Gesellschaft an, einen Überblick über die Literatur des Gebietes „Luftfahrt“ zu geben, und hat hierfür drei sich ergänzende Mittel in Aussicht genommen. Erstens soll eine monatliche Übersicht über die Literatur des In- und Auslandes gegeben werden mit kurzen Inhaltsangaben der Bücher und selbständigen Aufsätze. Zweitens sollen die wichtigsten Bücher und Aufsätze von geeigneten Fachleuten kritisch besprochen werden und drittens soll in einer Jahresübersicht der jeweilige Stand der Literatur in großzügiger Weise nach einheitlichen Gesichtspunkten besprochen werden. Es sind schon von seiten der Geschäftsstelle informierende Vorverhandlungen mit den in Frage kommenden Stellen gepflogen, die jedoch besonders nach der pekuniären Seite hin noch zu keinem Abschluß gelangt sind. Es scheint jedoch festzustehen, daß ein Teil der vorgeschlagenen Wünsche innerhalb des Etats der Gesellschaft verwirklicht werden können.

Geheimrat Aßmann tritt ebenfalls für die Herausgabe der Literaturzusammenstellung ein und betont, daß er gerade hierin ein hauptsächliches Agitationsmittel für die Gesellschaft erblickt, auf das sie keineswegs verzichten darf. Betreffs der kritischen Besprechungen weist er auf die Referate in den Fortschritten der Physik (Deutsche Physikalische Gesellschaft) hin, die seit 20 Jahren seiner Redaktion unterstehen. In diesen Referaten ist in neuerer Zeit auch das Gebiet Luftfahrt (Referent Herr Béjeuhr) aufgenommen worden, und Geheimrat Aßmann hält es nun für zweckmäßig, eine Vereinigung auf diesem Gebiet zwischen den Arbeiten der W. G. F. und der Physikalischen Gesellschaft herbeizuführen.

Der Vorsitzende dankt dem Ausschuß für die umfangreiche Arbeit und bittet, die Regelung der Angelegenheit dem Vorstande zu übertragen, was den Beifall der Versammlung findet.

Nunmehr wird auf Punkt d) endgültige Beschlußfassung und Genehmigung der Satzungen, zurückgegangen und auf Vorschlag von Geheimrat von Böttinger dem Geschäftsführenden Vorstand die Ermächtigung erteilt, an der Satzung redaktionelle Änderungen sowie auch solche vorzunehmen, welche der Registerrichter für nötig erachten sollte. Dann teilt der Vorsitzende den Antrag des Gesamtvorstandes mit, den Mitgliedsbeitrag von 20 M. auf 25 M. zu erhöhen wegen der obligatorischen Lieferung der Zeitschrift an sämtliche Mitglieder. Es wird aber zunächst über einen Antrag von Professor Romberg diskutiert, nach welchem der Bezug der Zeitschrift obligatorisch sein soll und der Mitgliedsbeitrag auf 20 M. bestehen bleibt zusätzlich eines besonderen Beitrages für die Zeitschrift. Der Antrag wird später von Professor Romberg zurückgezogen und lediglich der Wunsch geäußert, den Beitrag, sowie es einigermaßen mit dem Budget vereinbar ist, wieder zu ermäßigen, wobei der Redner auf ein ähnliches Vorgehen der Schiffbautechnischen Gesellschaft hinweist, die gerade durch die später erfolgte Ermäßigung des Beitrags außerordentlich viele Mitglieder geworben hat. Auch der Vorschlag von Geheimrat Scheit, zunächst zu versuchen, mit dem Beitrag von 20 M. auszukommen, wird nicht angenommen, vielmehr ist die Versammlung der Ansicht, daß eine für später in Aussicht gestellte Erhöhung des Beitrages noch viel ungünstiger auf die Mitgliederwerbung wirken würde.

So wird denn, nachdem besonders von seiten des Vorstandes betont ist, daß durch die Gratislieferung der Zeitschrift auch eine Mehrleistung an die Mitglieder erfolgt, die in diesem Umfange bei der vorläufigen Etatsaufstellung gelegentlich der Gründung der Gesellschaft nicht vorgesehen war, der Antrag des Vorstandes, den Mitgliedsbeitrag auf 25 M. und sinngemäß für lebenslängliche Mitglieder auf 500 M. zu erhöhen mit großer Mehrheit angenommen.

Hierauf wird nach kurzer Debatte als Zeitpunkt für die Beitragserhöhung das nächste Geschäftsjahr, d. h. der 1. April 1913 festgesetzt.

§ 10 und 11 wird sinngemäß den obigen Beschlüssen geändert. Ebenfalls wird der Vorschlag des Vorstandes, neben den 3 Vorsitzenden statt höchstens zwanzig Beisitzern dreißig zuzulassen, angenommen. Auf Vorschlag von Geheimrat Barkhausen werden in § 30 in der letzten Zeile die Worte „aber nur" gestrichen und in § 40 betreffs der Wahlen der Zusatz angenommen „Siehe § 28, Satz 2". Hierauf wird die Satzung einstimmig von der Versammlung angenommen, worauf Geheimrat Barkhausen noch den Wunsch äußert, nach der Eintragung, spätestens aber bei der nächsten Hauptversammlung die endgültige Satzung den Mitgliedern zuzusenden.

Auf Wunsch macht dann Geheimrat von Böttinger zu Punkt g) „Festsetzung des Etats für das laufende Geschäftsjahr" einige kurze Angaben, wobei er besonders darauf hinweist, daß der Etat schon durch den hierzu bevollmächtigten Arbeitsausschuß am 4. Mai grundsätzlich genehmigt sei. Es stellen sich den Einnahmen von ca. 7950 M. folgende Ausgaben gegenüber:

Bureaumiete	750,—	M.
Hausmeister	120,—	„
Honorar für Geschäftsführer	1200,—	„
Bureauhilfe	800,—	„
Telephonmitbenutzung	80,—	„
Porto, Bestellgelder, Telegramme	500,—	„
Vergütung für den Gehilfen des Schatzmeisters	200,—	„
Drucksachen ungefähr	1000,—	„
Inventar	300,—	„
Für den Bericht über die Gründungsversammlung bereits verausgabt	330,—	„
Diverses	1000,—	„
	6280,—	M.

In den verbleibenden 1670 M. sind noch die Beiträge der vier lebenslänglichen Mitglieder mit 1600 M. enthalten, und der Vorstand ist der Ansicht, daß es nicht richtig ist, diese Beiträge in der betreffenden Jahresrechnung zu verbuchen, sondern daß vielmehr Beiträge lebenslänglicher Mitglieder zu einem Fonds angesammelt werden müssen, von dem lediglich die Zinsen für besondere Zwecke verwendbar sein sollen. Das findet auch durchaus den Beifall der Versammlung.

Hierauf wird zu Punkt e) „Wahl des Gesamtvorstandes und des Geschäftsführenden Vorstandes" übergegangen, und zwar empfiehlt der Vorsitzende auf Vorschlag des Vorstandes die Wiederwahl der derzeitigen Vorstandsmitglieder, er-

gänzt und erweitert durch Hinzuwahl der Herren Geheimrat Finsterwalder-München, Exzellenz Freiherr von der Goltz-Berlin, Präsident des Deutschen Luftfahrer-Verbandes, Bankier Hagen-Potsdam, Professor Dr. Hartmann-Frankfurt a. M., Exzellenz Freiherr von Lyncker, Generalinspekteur der Verkehrstruppen, Berlin, Geheimrat Scheit-Dresden, Professor Schütte-Danzig, Professor Dr. Wachsmuth-Frankfurt a. M., Professor Wagener-Danzig. Auch diese Vorschläge werden einstimmig angenommen, nachdem auch die anwesenden Herren Vorstandsmitglieder die Wiederwahl bzw. Neuwahl angenommen haben.

Zu Punkt f) der Tagesordnung „Wahl zweier Rechnungsprüfer" erklärt sich die Versammlung ebenfalls mit dem Vorschlag des Vorstandes einverstanden, die Herren Bankier Meckel-Berlin und Assessor Sticker als Rechnungsprüfer zu wählen, worauf zu i) „Beschlußfassung über den Eintritt in den Deutschen Luftfahrer-Verband" übergegangen wird, zu welchem Punkt Professor von Parseval ein kurzes Referat gibt. Er teilt mit, daß er von dem Ordentlichen Luftfahrertag in Stuttgart den Eindruck mitgenommen habe, daß im Deutschen Luftfahrerverband der Wunsch gehegt wird, die W. G. F. zu den Mitgliedern des Verbandes zu zählen, zumal zwei im Grundgesetz des Verbandes aufgeführte Punkte, die event. Schwierigkeiten für die Gesellschaft nach sich ziehen würden, nämlich „den Verkehr der Verbandsvereine mit den Behörden und die Organisation mit außerhalb des Verbandes stehenden Vereinen betreffend", für die Gesellschaft deshalb nicht in Frage kommen, weil sich der erste Punkt lediglich auf Verbandsangelegenheiten bezieht, der letzte Punkt aber für die Reihe der Verbandsvereine, in welche die Gesellschaft eintreten wird, keine Geltung hat. Es wird nach diesem Referat ohne weitere Besprechung der Eintritt in den Deutschen Luftfahrer-Verband beschlossen.

Zu Punkt k) „Wahl des Ortes für die Ordentliche Mitgliederversammlung 1913" berichtet der Vorstand, daß Einladungen von Breslau und Leipzig vorliegen, in welchen Orten 1913 größere Ausstellungen stattfinden sollen, ferner von Hamburg, übermittelt durch Herrn Professor Dr. Ahlborn Da dieser leider kurz nach seiner Ankunft in Frankfurt a. M. von einem schweren Influenzaanfall heimgesucht und zur sofortigen Abreise gezwungen wurde, teilt er in einer schriftlichen Begründung der Einladung ausdrücklich mit, daß die die W. G. F. besonders interessierenden Institute 1913 noch in der Errichtung begriffen sein werden, so daß einer im Jahre 1914 in Hamburg abgehaltenen Versammlung noch wesentlich mehr geboten werden könne. Ferner ist heute morgen noch eine Einladung durch die Herren Geheimrat Grübler und Hauptmann von Funcke für Dresden eingegangen. Zu diesen Einladungen bemerkt der Vorsitzende, daß der Vorstand in seiner gestrigen Sitzung nach reiflicher Überlegung beschlossen habe, der Versammlung zu empfehlen, die nächste Hauptversammlung in keinem der vorgenannten Orte, sondern in Berlin stattfinden zu lassen. Vor einer Beschlußfassung nimmt Professor Schütte noch das Wort, um die W. G. F. im Namen des Westpreußischen Vereins für Luftfahrt nach Danzig einzuladen, und zwar in Übereinstimmung mit dem soeben bekannt gegebenen Vorstandsbeschluß für eins der nächsten Jahre. Geheimrat von Böttinger dankt Herrn Professor Schütte für die soeben überbrachte Einladung, unterstützt nochmals den Vorschlag des Vorstandes und bittet, irgendwelche Bestimmungen für die kommenden Jahre nicht zu fassen, um den nächsten Versammlungen

in keiner Weise vorzugreifen. Es wird dann auch von der Versammlung beschlossen, die nächste Ordentliche Mitgliederversammlung in Berlin stattfinden zu lassen, womit die Tagesordnung erledigt ist.

Der Vorsitzende verliest dann noch ein soeben eingelaufenes Telegramm von Geheimrat Professor Dr. Hergesell - Straßburg und schlägt vor, ihm in einer Drahtantwort die besten Wünsche der Gesellschaft auf baldige Genesung zukommen zu lassen, was den Beifall der Versammlung findet. Hierauf spricht Professor Friedländer noch kurz über den Unterausschuß für medizinisch-psychologische Fragen, der vollständiges Neuland zu bearbeiten hat und daher auf Unterstützung von allen Seiten angewiesen ist. Er hat beschlossen, entsprechende Anweisungen an die Militärfluglehrer und Ärzte zu verteilen, welche im Unterausschuß weiter wissenschaftlich bearbeitet werden. Mit einem gleichen Ersuchen soll an die entsprechenden Zivilbehörden herangetreten werden. Der Antrag des Herrn Geheimrat von Böttinger lautet: Der Unterausschuß für medizinisch-psychologische Fragen beschließt: Es ist dringend anzustreben, eine möglichst weitgehende ärztliche Untersuchung der Flieger vor und nach den Flügen herbeizuführen, um auf Grund der so gewonnenen Erfahrungen positive Unterlagen für die vorzunehmenden Feststellungen zur Klärung im Ausschuß zu erhalten. Er hält es für wünschenswert, behördlicherseits einzelnen auf dem Gebiete der Aviatik erfahrenen Medizinalpersonen besondere Legitimation zu erteilen, auf Grund derselben einzelne Flugplätze zu besuchen, um die notwendigen ärztlichen Untersuchungen an den Fliegern vornehmen zu können." Geheimrat von Böttinger erbittet die Zustimmung der Gesellschaft zu diesem Antrag, was auch geschieht, nachdem auf Vorschlag von Geheimrat Aßmann, um zu betonen, daß die Gesellschaft sich nicht lediglich der Flugtechnik, sondern der gesamten Luftfahrt zuwenden will, das Wort „Flieger" durch „Luftfahrer" ersetzt ist.

Dann weist Professor Prandtl noch kurz auf die in der Gesellschaft übliche Protokollführung bei wissenschaftlichen Sitzungen durch Ausfüllung der Diskussionszettel durch die einzelnen Redner selbst hin, da sich diese Methode schon bei den vorigen Versammlungen als recht zweckmäßig erwiesen hat, und Professor Schütte bittet nur, daß in der Geschäftsstelle vor der endgültigen Drucklegung darauf geachtet wird, daß die einzelnen Diskussionsreden in ihrer Aneinanderreihung genau auf ihren Inhalt geprüft werden, um irgendwelche Unstimmigkeiten noch rechtzeitig zu vermeiden.

Hierauf wird die Versammlung um 12½ Uhr geschlossen.

Vorträge.

„Vorschläge zum Studium der atmosphärischen Vorgänge im Interesse der Flugtechnik.“

Vortrag des Direktors des Königl. Aeronautischen Observatoriums in Lindenberg, Geheimen Regierungsrats Prof. Dr. Aßmann.

Dienstag, den 26. November 1912.

Ew. Königliche Hoheit, Ew. Hoheit, Ew. Exzellenzen, meine Herren!

Es ist noch nicht allzulange her, daß man dem Winde eine besondere Aufmerksamkeit zuwendet: als ein Hilfsmittel der Schiffahrt kam nur seine Richtung und Stärke in Betracht, die man statistisch festzustellen versuchte. Erst nachdem man seine Abhängigkeit von der Verteilung des Luftdruckes erkannt hatte, ergab sich die Notwendigkeit, außer seiner bisher ausschließlich betrachteten horizontalen Bewegung auch eine vertikale Komponente anzunehmen, um die Herkunft und den Verbleib der einer barometrischen Depression von allen Seiten zuströmenden oder von einem barometrischen Maximum nach allen Seiten hin ausströmenden Luftmassen zu erklären. Durch die Anwendung der Gesetze der mechanischen Wärmetheorie auf die Atmosphäre, welche die Abkühlung einer aufsteigenden und die Erwärmung einer absteigenden Luftmasse forderten, ergaben sich dann die wichtigen Schlüsse, daß die Kondensation des Wasserdampfes zu Wolken und Niederschlägen durch aufsteigende Luftströme bewirkt wird, während die absteigenden denjenigen Erscheinungskomplex zur Folge haben, der im „Föhn“ seinen Ausdruck findet.

Aber erst der Luftschiffahrt war es vorbehalten, einen mächtigen Anstoß zur eindringenden Untersuchung der Luftströmungen zu geben, da diese, weit mehr als die Schiffahrt auf dem Wasser, vom Winde abhängig ist und vornehmlich durch Vertikalbewegungen der Atmosphäre beeinflußt wird: während der Freiballon ein Spiel der Winde in horizontaler und teilweise auch vertikaler Beziehung ist, streben die mit eigener Bewegungskraft ausgerüsteten Luftfahrzeuge, das Luftschiff und das Flugzeug, dahin, sich in ihrer Betätigung so viel als möglich von den Luftbewegungen unabhängig zu machen. So ist denn das eindringliche Studium des Windes in bezug auf seine inneren Vorgänge, seine „Struktur“, und die Ermittlung der veranlassenden Ursachen derselben zu einer Lebensfrage für die Luftschiffer, vornehmlich aber für den Flieger geworden, und es ist der Zweck dieses Vortrages, die hierzu geeigneten Methoden zu erörtern.

Zunächst ergibt sich die Forderung, die Luftbewegungen zu beobachten. Da die Luft selbst nicht sichtbar ist, kann man auch ihre Bewegungen nur aus ihren Wirkungen auf andere Gegenstände erkennen, oder dadurch, daß man sie selbst sichtbar macht: die Wellen auf dem Wasser, der Staub auf dem Lande, die Wolken am Himmel lassen uns die Richtung und Geschwindigkeit des Windes erkennen,

ebenso der Rauch von Schornsteinen; Windfahnen und Anemometer, Wimpel, Winddruckmesser, die man in verschiedenen Höhen und Entfernungen voneinander aufstellt, ferner Drachen und gefesselte Luftballons, denen man Apparate zur Registrierung der Windgeschwindigkeit mitgibt, und deren Azimut der Wind richtung entspricht; auch aus dem Zuge, den der Winddruck auf den Flugkörper in dem Fesseldrahte erzeugt, kann man die Windstärke ermitteln. Freifliegende Luftballons ermöglichen dem Luftfahrer, solange er die Erdoberfläche in Sicht hat, die Richtung und Geschwindigkeit an der Hand von Karten des überflogenen Geländes zu bestimmen: ganz besonders wertvoll aber hat sich die Methode der Pilotballonvisierungen erwiesen, mittels der man die Luftströmungen sichtbar und meßbar macht. Die meisten dieser Methoden haben zwar gelehrt, daß die Luftbewegung weit davon entfernt ist, in gleichförmiger Bahn und Geschwindigkeit vor sich zu gehen, daß vielmehr regellose Schwankungen vorhanden sind, aber die volle Bedeutung dieser Vorgänge ist erst durch deren Wirkung auf die Flugzeuge zutage getreten, für die sie eine erhebliche und nur allzuoft verderbenbringende Gefährdung darstellen. Dem eindringenden Studium derselben sollen deshalb die folgenden „Vorschläge“ dienen.

Die oben erwähnten Untersuchungsmethoden haben die gemeinsame Eigenschaft, daß sie entweder an einem unveränderlichen Orte oder doch an solchen erfolgen, die von den Luftfahrzeugen im gegebenen Falle nicht passiert werden, während die Feststellung der bei einem einzelnen oder bei jedem Fluge angetroffenen Vorgänge ohne Zweifel ein erheblich besseres und zuverlässigeres Material zu liefern imstande wäre: das Flugzeug selbst muß deshalb zum Träger der Beobachtung und Forschung gemacht werden!

Bei den Drachenaufstiegen der aerologischen Observatorien, unter ihnen des Königl. Aeronautischen Observatoriums in Lindenberg, werden Registrierapparate emporgetragen, welche die meteorologischen Hauptelemente, den Luftdruck, die Temperatur und die Feuchtigkeit der Luft, sowie die Windgeschwindigkeit fortlaufend selbständig aufzeichnen und so ein korrektes Bild der während des Aufstieges herrschenden Verhältnisse liefern. Zur Ermittlung der in jedem Teile des Aufstieges erreichten Höhe des Registrierapparates dient zunächst die Kurve des Luftdruckes, der aber außerdem noch von der gleichzeitig herrschenden Lufttemperatur beeinflußt ist: da eine Temperaturänderung um 1^0 C das Gewicht der Luft um $^1/_{273}$ erhöht oder erniedrigt, wird bei gleicher Höhe das Luftgewicht in kalter Luft ein größeres sein als in warmer, und man muß deshalb zur korrekten Höhenbestimmung die Lufttemperatur kennen und berücksichtigen.

Weder ein Freiballon noch ein Luftschiff oder ein Flugzeug steigt wohl heutigen Tages noch auf, ohne ein Barometer oder einen Barographen mit sich zu führen, der dazu dienen soll, dem Luftschiffer jederzeit über die Höhe Auskunft zu geben, in der er sich befindet. In denjenigen Fällen, in denen es sich nicht um strengwissenschaftliche Forschungen handelt, beschränkt man sich, um den oben erörterten Einfluß der Lufttemperatur unberücksichtigt lassen zu können, auf die Annahme einer durchschnittlichen Temperaturabnahme mit der Höhe, die man bei der Ermittlung der Höhe aus dem Luftdruck in Rechnung stellt. Bei geringen Höhen kommt man damit zwar der Wahrheit ziemlich nahe, nicht aber bei größeren, und besonders nicht

in den, wie wir durch die aerologischen Forschungen gelernt haben, sehr häufigen Fällen, in denen die tatsächliche Temperatur von der durchschnittlichen stark abweicht. Handelt es sich also um eine genauere Höhenfeststellung, wie das bei Wettbewerben um Höhenpreise oder bei der Ermittlung von „Rekords" die Regel ist, dann kann man die genauere Kenntnis der wirklichen Temperatur nicht entbehren. Beispielsweise entspricht einem Luftdruck von 497 mm bei einer Temperatur von — 17° eine Höhe von 3370 m, bei — 5° eine solche von 3500 m: ohne Kenntnis der Temperatur würde also eine Unsicherheit der Höhe im Betrage von 130 m vorhanden sein.

Wenn auch im allgemeinen die Lufttemperatur mit der Höhe abnimmt, so ist das doch keineswegs immer der Fall; vielmehr wechseln sehr häufig wärmere mit kälteren Schichten ab, und der Betrag der Temperaturveränderungen schwankt in weiten Grenzen. Hiernach kommt es nicht selten vor, daß Luft in höheren Lagen so kalt und deshalb so schwer ist, daß sie über der unter ihr liegenden wärmeren und leichteren nicht verharren kann, sondern mehr oder weniger schnell niedersinkt, bis sie zu einer Schicht vorgedrungen ist, deren Luft das gleiche Gewicht hat als sie selbst. An ihre Stelle tritt dann ein entsprechendes Quantum der unteren, wärmeren und leichteren Luft, die in ihrer schwereren Umgebung mit großer Geschwindigkeit aufsteigt, bis sie Luft ihres eigenen Gewichtes antrifft. Dieses Auf- und Absteigen der Luft in größeren oder kleineren Mengen führt an den Begrenzungsflächen der entgegengesetzt gerichteten Ströme zur Bildung von Wirbeln. Wie Helmholtz gezeigt hat, treten auch an der Grenze von zwei übereinander mit verschiedener Geschwindigkeit und Richtung strömenden Luftschichten ähnliche Gleichgewichtsstörungen auf, die, wie der Wind auf der Wasserfläche, Wellen und Wogen erzeugen, in deren Wellenbergen Luftmassen aufsteigen und in den Wellentälern niedersinken.

Diese Vertikalbewegungen in Verbindung mit den sie begleitenden Luftwirbeln sind es, die den Flieger vornehmlich irritieren, indem sie den Druck der Luft auf die Tragflächen des Flugzeuges schnell und jäh schwanken lassen: der Apparat stürzt ohne erkennbare Ursache um hundert Meter und mehr abwärts, und der Flieger meint, die „Atmosphäre habe ein Loch"; oder die aufsteigenden Ströme und Wirbel treffen einseitig das Flugzeug, wobei sie den einen Flügel emporheben und den anderen senken. Diese dem Flieger nur zu wohl bekannten und von ihm mit Recht gefürchteten Vorgänge nicht nur in ihren Wirkungen, sondern in ihrem Wesen zu studieren und zu erkennen, erscheint als eine hochwichtige Aufgabe.

Die Grundgesetze des atmosphärischen Gleichgewichts lauten kurz gefaßt folgendermaßen: eine Temperaturabnahme von mehr als 1° C auf 100 m Erhebung erzeugt labiles, eine solche von 1° bei trockner oder mit Wasserdampf noch nicht gesättigter, von etwa 0,5° bei dampfgesättigter Luft indifferentes, von weniger als 1° resp. 0,5° stabiles Gleichgewicht. Nur das labile Gleichgewicht erzeugt Vertikalbewegungen und Wirbel, während das stabile die günstigsten Bedingungen für den Flug darbietet. Hieraus erwächst die Aufgabe, bei den Flügen die vertikale Temperaturverteilung fortlaufend zu ermitteln, um durch Gegenüberstellung der gleichzeitig vom Flieger wahrgenommenen Gleichgewichtsstörungen seines Flugzeuges festzustellen, ob die theoretisch ermittelten Gründe für die letzteren tatsäch-

lich vorhanden gewesen sind, oder ob noch andere, unbekannte Vorgänge hierbei mitwirken.

Als ein solcher, erst neuerdings durch eine schöne Untersuchung des am Königl. Aeronautischen Obserbvatorium in Lindenberg angestellten Wissenschaftlichen Hilfsarbeiters Wilhelm Peppler ermittelter Vorgang könnten die vertikalen Luftversetzungen in Frage kommen, welche durch einen „Windsprung“, d. h. durch das Vorhandensein einer Schicht mit erheblich stärkerem Winde als unter und über ihr, erzeugt werden. Peppler hat aus trigonometrischen Beobachtungen der Bewegungen von Pilotballons nachgewiesen, daß die Luftmassen unter einer Windschicht durch diese zum Aufsteigen, die über ihr aber zum Niedersinken gezwungen werden. Die Luftströmung wirkt wie ein Ejektorstrahl, der die von ihm durchsetzte ruhende Luft mit sich fortreißt: wie in dem bekannten „Rafraichisseur“ der Luftstrahl die in der senkrecht überwehten Röhre enthaltene Luft mit sich fortreißt und deshalb die unter ihr befindliche Flüssigkeit gegen ihre Schwere zum Aufsteigen zwingt, so spielt sich der analoge Vorgang in der Luft ab. Je schärfer die Windschicht nach oben und unten begrenzt, und je größer ihre Geschwindigkeit im Vergleich zu ihrer oberen und unteren Umgebung ist, um so energischer wird die untere Luft nach oben und die obere nach unten gesogen. Das Aufsteigen an der unteren Grenze führt, falls die übrigen Bedingungen es gestatten, zur Wolkenbildung, während die mit dem Niedersinken verbundene dynamische Erwärmung zur scharfen Begrenzung der Wolken führt. Treten aber die oben genannten thermischen Vertikalbewegungen gleichzeitig mit diesen „erzwungenen“ auf, dann kann sich ein Durcheinander von fallenden und steigenden wirbelnden Luftsäulen entwickeln. das geeignet erscheint, die noch rätselhafte Erscheinung der „Turbulenz“ der Atmosphäre, wenn nicht ganz, so doch zu einem guten Teile zu erklären.

Um der oben gestellten Aufgabe des Studiums der „Struktur“ des Windes gerecht zu werden, soll nun der Versuch gemacht werden, einen Registrierapparat, wie er bei den methodischen Drachenaufstiegen für wissenschaftliche Zwecke im Gebrauch ist, im Flugzeuge anzubringen, wo er die für das korrekte Funktionieren des Thermographen günstigsten Bedingungen findet, insofern die starke Fortbewegung, die zum Fliegen erforderlich ist, eine so intensive relative Luftströmung erzeugt, daß der verderblichste Feind des Thermometers, die Wärmestrahlung der Sonne, völlig und sicher unwirksam gemacht wird. Der Vorteil des Drachens, der ebenfalls ohne Wind nicht steigen kann, gegenüber anderen Methoden zum Emporheben von Registrierthermometern, wie z. B. dem Fesselballon oder dem Freiballon, beruht auf den gleichen Vorgängen.

Man kann aber vielleicht auf diesem Wege noch einen Schritt weiter gehen. Bringt man den Registrierapparat derartig im Flugzeuge an, daß der Verlauf der Registrierkurven vom Flieger oder seinem Begleiter ohne Schwierigkeit beobachtet werden kann, so wird dieser imstande sein, mit einem Blick aus dem Gange der Barographenkurve und der Thermographenkurve, die dicht nebeneinander sichtbar sind, den augenblicklichen Gleichgewichtszustand der Luft und dessen Änderungen zu erkennen: verlaufen beide im wesentlichen parallel miteinander, so bedeutet das, daß die Temperatur im gleichen Verhältnis mit dem Luftdruck, resp. mit zunehmender Höhe abnimmt. Entfernen sich beide Kurven voneinander, d. h. wenn bei zu-

nehmender Höhe die Temperatur unverändert bleibt oder steigt, dann herrschen die günstigsten Verhältnisse des stabilen Gleichgewichts, und in beiden Fällen ist ein Auftreten von Vertikalbewegungen nicht zu fürchten. Nähern sich aber beide Kurven in auffallender Weise, dann ist Gefahr im Verzuge, da sich labiles Gleichgewicht verbreitet, das Wirbel mit Fall- und Steigböen erzeugt. Der Flieger weiß nunmehr, daß er seine volle Aufmerksamkeit auf deren Eintritt und das Parieren ihrer Wirkungen auf sein Flugzeug zu richten hat. Er weiß aber auch, wo er die bei dem Aufsteigen passierten gefahrlosen Zonen zu finden hat, und das Auseinanderweichen der beiden Kurven wird ihn erkennen lassen, wenn er sie wieder erreicht hat.

Außer diesen gröbsten Zügen im Verlaufe der beiden Kurven, die hier nur kurz besprochen worden sind, werden sich im praktischen Gebrauche noch manche feineren Einzelheiten ergeben, deren Erörterung hier zu weit führen würde; sie sind aber alle so verhältnismäßig leicht zu erkennen und zu deuten, daß es nur einer kürzeren Unterweisung der Flieger bedürfen wird, um ihnen deren Bedeutung klar zu machen. Vom Flieger selbst oder seinem Begleiter wird nichts weiter erwartet als die Notierung der sein Flugzeug betreffenden Gleichgewichtsstörungen nach der Zeit ihres Auftretens und ihrer Dauer, um aus diesen die Beziehungen zu den gleichzeitig registrierten thermischen Vorgängen zu gewinnen.

Mit Zustimmung seines vorgeordneten Ministeriums beabsichtigt deshalb das Königliche Aeronautische Observatorium Lindenberg, aus seinen Beständen eine größere Anzahl geeigneter Registrierapparate, ungeachtet deren nicht geringen Preises von 400 M., denjenigen Fliegern ohne alle Verantwortlichkeit zur freien Verfügung zu stellen, welche bereit sind, diese erfolgversprechenden Untersuchungen über die atmosphärischen Bedingungen des Fliegens vorzunehmen.

Der Zweck derselben ist, wie wir gesehen haben, ein vierfacher: 1. genauere Ermittlung der erreichten Höhen; 2. Studium der Gründe für Störungen des Fluges; 3. frühzeitiges Erkennen gefahrloser und gefahrdrohender Schichten während des Fluges, und 4. Gewinnung von unvergleichlich wertvollem Beobachtungsmaterial für die wissenschaftliche Erforschung der Atmosphäre.

Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß das Königl. Aeronautische Observatorium Lindenberg, auf einem die weite Umgebung überragenden Hügel völlig frei gelegen, in besonderem Maße geeignet ist, allen Experimenten zum Studium der Struktur des Windes als Versuchsfeld zu dienen, zumal es mit den besten und reichhaltigsten Apparaten, Einrichtungen für elektrische Energie, eigenen Mechanikerwerkstätten, Drachentischlerei, Prüfungsvorrichtungen usw. versehen ist. Dort befindet sich auch seit einigen Monaten ein dem gleichen Zwecke dienender, durch Dr. Gerdien erfundener und durch Siemens & Halske konstruierter ingeniöser Windapparat, der die Richtung und Geschwindigkeit des Windes, sowie dessen Vertikalkomponente in der subtilsten Weise angibt, wobei das interessante Prinzip Verwendung gefunden hat, daß einem durch den elektrischen Strom erwärmten Drahte durch die Luftbewegung Wärme entzogen wird. Der Apparat erscheint geeignet, das Studium der Struktur des Windes in ihren feinsten Einzelheiten sehr beträchtlich zu fördern.

Durch gemeinsames Arbeiten nach vereinbartem, tunlichst scharf gestelltem Programm dürfte es gelingen, der noch mit vielen Rätseln umgebenen Aufgaben

besser Herr zu werden als durch Einzelarbeiten, die ohne Fühlungnahme mit den gleichstrebenden Fachgenossen erfolgen. Diesem konzentrischen Vorgehen wird der Unterausschuß der Aerologie seine Aufmerksamkeit widmen, und die Herren Fachgenossen werden dringend gebeten, sich ihm eifrigst anzuschließen.

Erfreulicherweise wurden die Vorschläge des Vortragenden noch an demselben Tage in die Tat umgesetzt, indem auf Veranlassung des Herrn Euler auf dessen Flugplatze in Niederrad ein Probeaufstieg mit dem vorhandenen Registrierapparate ausgeführt wurde: trotz denkbar schlechtesten regnerischen Wetters und eines Windes von 11 bis 15 Sekundenmetern Geschwindigkeit stieg Herr Leutnant von Hiddessen mit dem am Untergestell seines Flugzeuges befestigten Apparate bis zur Höhe von 1100 m auf und brachte eine infolge des Regens und der noch nicht genügend ausgeschalteten Erschütterungen des Apparates etwas „verschmierte" Doppelkurve des Luftdruckes und der Temperatur mit herab, welche den Beweis lieferte, daß mit einigen noch zu treffenden Verbesserungen die vorgeschlagene Methode ausführbar und erfolgversprechend ist. Herrn von Hiddessen sei an dieser Stelle der beste Dank für sein mutiges Eintreten für die Pläne des Vortragenden zum Ausdruck gebracht. Hoffen wir, daß sich bald zahlreiche Nachfolger finden werden!

Einleitendes Referat des Herrn Dr. F. Linke, Frankfurt a. M. über

Windbewegungen in der Nähe des Bodens, Böigkeit des Windes.

Dienstag, 26. November 1912.

Ew. Königliche Hoheit, Ew. Hoheit, Ew. Exzellenzen, meine Herren!

Zunächst möchte ich auch meinerseits dem Bedauern Ausdruck verleihen, daß Herr Geheimrat Hergesell nicht selbst in der Lage ist, das von ihm übernommene Referat über Windbewegungen in der Nähe des Erdbodens zu halten. Langjährige Erfahrungen und tiefer Einblick in diese Beziehungen der wissenschaftlichen Meteorologie zur praktischen Luftschiffahrt würden ihn besonders dazu in die Lage versetzt haben. Besonders bedauerlich ist, daß infolge Geheimrat Hergesells Abwesenheit auch die Ergebnisse seiner eigenen Untersuchungen noch nicht bekannt gegeben werden können, die er mittels Pilotballonen und Registrierballonen angestellt hat. Es wäre wohl wünschenswert, daß eine Wiederholung der Diskussion gelegentlich der nächsten Sitzung ins Auge gefaßt würde.

Nur mangelhaft instruiert über das, was Herr Geheimrat Hergesell hier vorbringen wollte, bin ich gezwungen, nach eigenen Erfahrungen und Anschauungen einige Ausführungen der Diskussion als Grundlage vorauszuschicken.

Es sind vier Arten von atmosphärischen Störungen zu unterscheiden, die der Luftfahrt gefährlich werden können: Turbulenz der untersten Luftschichten, Wellenbewegungen der Luft, Böen und Gewitter und sogenannte „Luftlöcher".

Die Turbulenz der untersten Luftschichten entsteht in erster Linie durch Reibung der Luft an der Erdoberfläche, vielleicht auch durch Schichtenbildungen in großen Höhen. Sie ist um so größer, je stärker der Wind ist und je geringer die Temperaturabnahme mit der Höhe. In einer Höhe von wenigen hundert Meter hört sie auf, reicht aber bei stärkerem Wind höher hinauf als bei schwächerem. Die Störung besteht in schnellem und unregelmäßigem Hin- und Herströmen der Luft, und zwar verlaufen die Bewegungen horizontal und vertikal. Die Wirkung auf Luftschiffe und Flugzeuge offenbart sich in dem stetig wechselnden Winddruck und damit verbundenen Wechsel der Tragfähigkeit der Luftfahrzeuge. Wahrscheinlich ist auch eine verminderte Eigengeschwindigkeit damit verbunden, wenn das Luftschiff gegen den Wind fährt. Mit dieser Turbulenz nahe verwandt ist eine regelmäßige, hauptsächlich vertikal vor sich gehende Luftbewegung infolge des Wärmeaustausches zwischen Erde und Luft bei Sonnenbestrahlung: über der erwärmten Erdoberfläche bilden sich lokale aufsteigende Luftströme, während an anderen Stellen Luft heruntersinkt. Dieser Wärmeaustausch setzt bald nach Sonnenaufgang ein und verschwindet erst bei abnehmender Lufttemperatur, also in den Nachmittagsstunden. Je nach der Intensität der Wärmestrahlung und der Labilität der Luft kann er bis zu 2000 m hoch hinaufreichen, gewöhnlich bleibt er jedoch unter 1000 m.

Luftwellen entstehen in den horizontalen Grenzschichten zweier übereinanderliegender Luftmassen von verschiedener Temperatur und Zugrichtung. Diese Wellen reichen oft mehrere hundert Meter nach oben und unten über die Entstehungsschicht hinaus. Die Wirkung der Luftwellen auf Fahrzeuge äußert sich dann in schnelleren vertikalen Schwankungen, sobald sie gegen den Wind fahren müssen, weil sie dann in der gleichen Zeit mehr Wellenbewegungen auszuführen haben, als wenn sie mit dem Winde fliegen. Von den genannten vier Störungsarten sind die durch die Wellenbewegungen bedingten jedoch bei weitem die ungefährlichsten.

Die Gefährlichkeit der Böen besteht in ihren vertikalen Luftschwankungen. Diese entstehen einerseits durch Abkühlung und Erwärmung der Luft an Bergabhängen (Fallböen und Steigböen); in diesem Falle sind sie jedoch ganz lokal und bleiben stets auf derselben Stelle, können hier aber bedeutende Intensität aufweisen. — Hiervon zu unterscheiden sind diejenigen Böen, welche infolge bestimmter Wetterlagen entstehen und mit der allgemeinen Windrichtung höherer Luftschichten fortziehen. Sie erreichen ihren stärksten Grad in den Gewittern. Diese Böen treten häufig in einer langen schmalen Front auf und bewegen sich mit einer Geschwindigkeit von 30 bis 60 km/Std. senkrecht zu ihrer größten Erstreckung. Sie dauern dann nur wenige Minuten und zerfallen zuerst in einen aufsteigenden, dann in einen absteigenden Ast. Der erstere nimmt die Luftfahrzeuge mit empor, der letztere wirft sie herunter. Die Böen reichen mindestens bis zu 2000 m, nehmen sie aber Gewittercharakter an, so bleiben sie nicht unter 5000 m; ein Überfliegen ist dann sogut wie ausgeschlossen. Da die Geschwindigkeit der Böen gering ist, ist ein Ausweichen häufig möglich. Diese zweite Art der Böen wird durch die erste Art häufig verstärkt, wenn beide zusammenfallen.

Die von den Fliegern als „Luftlöcher" bezeichneten atmosphärischen Störungen stellen sich größtenteils als besonders intensiv und lokal auftretende Störungen einer der vorgenannten Arten dar, also beispielsweise als einen starken vertikalen Luftstrom, der bei starker Sonnenstrahlung über einer feuchten und kalten Gegend (Wald oder Wiese) herabsinkt, oder als der absteigende Luftstrom hinter einem Hindernis (Häuser, Baumgruppen), vor dem sich die Luft gestaut hat. Unter Umständen können auch mehrere Ursachen zusammentreffen, um eine starke Fallböe hervorzubringen. Es scheint aber, als ob damit die Entstehungsursache der „Luftlöcher" noch nicht erschöpft ist, und Herr Euler wird sogleich eine andere Erklärung vortragen, die ich durchaus für richtig halte. Hoffentlich gibt die heutige Diskussion hierüber den unbedingt notwendigen Aufschluß.

Die Frage ist nun: Wie kann man diese Strömungen messen und beobachten? Am besten zweifellos vom Luftfahrzeug selbst aus, also mittels Freiballonen, Luftschiffen, Flugzeugen, Drachen und Pilotballonen. Da das jedoch alles kostspielig ist, wäre es zweckmäßig, am Erdboden, z. B. auf hohen Türmen, Windmessungen anstellen zu können. Es darf aber nicht mit dem für diese Zwecke durchaus ungeeigneten Rotationsanemometer geschehen, weil es die schnellen Schwankungen verwischt. Solche Untersuchungen über die inneren Vorgänge im Winde müssen mittels Stauscheiben und Stauröhren angestellt werden. Es ist daher kein Zufall, daß in der mit der Versammlung verbundenen Ausstellung von modernen Instrumenten sich mehrere solcher Anemometer befinden. Es ist daher an alle Inter-

essenten die Bitte zu richten, sich der Erforschung der inneren Struktur des Windes mittels geeigneter Apparate anzuschließen. Die Südwest-Gruppe des Deutschen Luftfahrer-Verbandes hat Herrn Geheimrat Hergesell und dem Referenten bereits einige Mittel dafür zur Verfügung gestellt.

Zum Schluß sollen noch auszugsweise die Antworten von elf Fliegern auf vier Rundfragen mitgeteilt werden, die Herr Geheimrat Hergesell an die Flieger hat richten lassen. Einige enthalten so vorzügliche Beobachtungen, daß ihre Veröffentlichung wünschenswert wäre.

1. Welche Erfahrungen haben Sie im Flugzeug gemacht, die auf gewisse die Bewegungen des Flugzeuges störenden Erscheinungen in der Atmosphäre deuten? — Hierauf haben alle Flieger bezeugt, daß sie häufig die Wirkung von atmosphärischen Störungen gemerkt haben insbesondere über unregelmäßigem Gelände, bei Sonnenstrahlung, bei Übergang von einer Luftschicht in eine andere und in Wolken. Im Sommer seien die Störungen stärker und häufiger als im Winter.

2. Haben insbesondere Wirbelbewegungen verbunden mit Vertikalbewegungen sich störend beim Flugzeug gezeigt? — Hierüber gehen die Ansichten der Flieger auseinander. Verschiedene haben keine Wirbel bemerkt, andere beschreiben sie ausführlich und betonen, daß man die durch die Wirbel verursachte Drehung des Flugzeuges nicht mit dem Steuer parieren könne. Verschiedene Flieger führen sie auf Sonnenstrahlung zurück; manche betonen die geringe horizontale Ausdehnung der Wirbel, welche häufig nur eine Seite des Flugzeuges treffen. Ausgesprochene Wirbelbewegungen mit Vertikalströmung, also Strudel, scheinen nicht beobachtet zu sein.

3. Haben diese Erscheinungen nach ihren Beobachtungen in Verbindung gestanden mit der Formation der darunter liegenden oder in der Nähe liegenden Erdoberfläche? — Diese Frage wird von allen Seiten lebhaft bejaht. Die Geländeunebenheiten werden bis zu 400 m empfunden, besonders bei Sonnenstrahlung und in stark koupiertem Gelände (Flußtäler). Häuser, hohe Zäune, Waldränder usw. machen sich bis zur zehnfachen Höhe bemerkbar.

4. Wie haben sich die in der Fliegersprache als „Luftlöcher“ bezeichneten Erscheinungen bei Ihren Flugerfahrungen gezeigt? — Hier finden sich die merkwürdigsten Widersprüche. Die Piloten leichter Maschinen verweisen die „Luftlöcher“ in das Fliegerlatein, während andere sie ausführlich und übereinstimmend beschreiben und insbesondere berichten, daß man sie an derselben Stelle immer wiederfinde. Aus den Antworten geht jedoch hervor, daß man die verschiedenartigsten Erscheinungen als „Luftlöcher“ bezeichnet.

Ich schließe mit der Hoffnung, daß die Diskussion einige der angeschnittenen Fragen der Klärung näherbringen möge.

Im folgenden mögen von einzelnen Fliegern die wichtigsten Ausführungen, deren Gesamtresultat im obigen zusammengefaßt ist, eingehender folgen:

Herr Leutnant von Buttlar von der Fliegertruppe Döberitz schreibt:

Schwankungen des Flugzeuges in Längsrichtung (besonders bei vorhandenem vorderen Höhensteuer) und in der Querstabilität, die bei an sich schon unruhiger

Luft (Windströmung oder starker Sonnenbestrahlung) in heftige Stöße, plötzliches Durchfallen der ganzen Maschine ausarten, lassen auf störende Luftströmungen in der Atmosphäre schließen.

In der Nebelschicht und in den Wolken liegen stets Böen. Das Fliegen in Wolken und dichtem Nebel birgt die Gefahr in sich, daß der Führer das Gefühl für die Lage des Apparates verliert. Ich bin noch stets gegen meinen Willen abwärts gekommen.

Fliegt man unter einer schwarzen Haufenwolke hindurch, wird der Apparat heftig geschüttelt, besonders heftig an der Peripherie der Wolke. In eine solche Wolke hineinzufliegen, halte ich für sehr leichtsinnig. Wenn es mir irgend möglich ist, mache ich einen Umweg, um ein Hinein- oder Darunterdurchfliegen zu vermeiden.

Wirbel und Vertikalströmungen treten stets bei starker Sonnenbestrahlung auf. Daß diese Wirbel häufig nur geringe Ausdehnung haben, zeigt sich dadurch, daß der Apparat plötzlich auf nur einer Seite stark gehoben oder gesenkt wird. Bei starkem Wind wird häufig die ganze Maschine um $^1/_8$ oder $\frac{1}{4}$ schnell gedreht, ohne daß man imstande ist, dieser Bewegung sofort entgegenzusteuern. Ob dies Luftwirbel oder nur Drehung des Windes in eine andere Richtung bedeutet, vermag ich bis jetzt noch nicht zu entscheiden. Es ist mir häufig vorgekommen, daß mein an und für sich nicht sehr stabiler Doppeldecker (H. Farman-Typ) zuerst stark nach einer Seite kippte, dann sofort nach der anderen und so mindestens 6 mal hin und her, und zwar so schnell, daß ich kaum imstande war, dagegen zu parieren. Daß ich etwa eine Hilfe zu stark gegeben haben sollte und dadurch das Kippen auf die andere Seite hervorgerufen wurde, ist ganz ausgeschlossen. Mein Beobachter aus Kaisermanövern und im Süddeutschen Flug hat dies häufig bemerkt und sein Verwundern ausgesprochen.

Die Bodenformation hat stets Einfluß auf die Luftströmungen. Diese Erscheinung verliert sich bei zunehmender Höhe. Bei sonst ganz ruhigem Wetter macht sich das Überfliegen von Wald, Wasser, tief eingeschnittenen Tälern bis zu einer Höhe zwischen 200 und ca. 400 m stets bemerkbar. Bei an sich schon unruhiger Luft steigert sich dies in der Wirkung und reicht in größere Höhen hinauf. Ich habe besonders, wenn es kurz vorher geregnet hatte, beim Überfliegen von Wald und dann besonders am Rande starke Böen bekommen, die sich meist im Durchfallen nach unten bei gleichzeitigen Seitenschwankungen bemerkbar machten. Auch beim Überfliegen von Flußläufen mache ich mich, sowie ich annähernd über das Ufer komme, auf starke Böen gefaßt. Über dem Wasser ist es dann oft ganz ruhig.

Bei unruhigem Wetter wird das Fliegen im Gebirge direkt zur Gefahr, besonders da man wegen niedriger Wolken oder Nebelbildung nicht hoch genug gehen kann. (Vgl. Spessart im Südd. Fluge.) Die Böen äußern sich als harte Schläge und Stöße, bei denen man oft glaubt, die Maschine müßte zerbrechen. Oft treten in Pausen von ca. 1 Sek. ziemlich regelmäßig ruckweise Böen auf. Ich führe die heftigen unregelmäßigen Luftströmungen nur auf die Unebenheit des Geländes zurück. Ich bin bei Würzburg hart am hier mindestens 150 m tiefen Maintal gelandet. Beim Wiederaufstieg überflog ich den Rand des Tales auf den Main zu in ca. 20 m Höhe. Der Vorgang erinnerte lebhaft an das Springen von einem hohen Sprungbrett, indem unmittelbar nach Überfliegen der scharfen Talkante die ganze Maschine um ca. 50 m

beinahe senkrecht herunterfiel; ich konnte mich nur darauf beschränken, das Gleichgewicht zu halten und mußte erst ein Stück im Tale entlang fliegen und allmählich meine frühere Höhe zum Überfliegen des jenseitigen Talrandes zu gewinnen suchen.

Sog. „Luftlöcher" treten stets bei starker Sonnenbestrahlung auf. Ich halte sie für Luftverdünnungen durch besonders intensive Bestrahlung. Sie treten auch ganz unabhängig von der Bodengestaltung, auf also auch über gleichförmigem, ebenem Gelände.

Besonders unangenehm zeigen sie sich beim Gleitfluge, indem die Maschine dann beinahe auf den Kopf zu stehen kommt. Beim horizontalen Fluge wäre ein Ausparieren mit dem Höhensteuer falsch; man kann weiter nichts tun wie die Maschine fallen lassen und dabei im Gleichgewicht halten. Ich habe bei greller Sonne (Rückflug von der Kaiserkritik im Kaisermanöver 1912) solche Luftlöcher in 800 m Höhe angetroffen. (Nachmittags 2 Uhr.)

Herr August Euler äußert sich:

Die Frage 1 ist je nach der Höhe, von welcher man spricht, zu beantworten.

In großen Höhen habe ich während meiner mehr als dreijährigen Tätigkeit als Flieger niemals stoßartig wirkende Luftströmungen gefunden. Daß andere Luftströmungen in großen Höhen auftreten, ist mir nur dadurch zum Bewußtsein gekommen, daß plötzlich sämtliche Drähte anfingen zu pfeifen; verbunden damit war meistens eine sehr wesentliche Veränderung der Seitensteuerstellung, die ein guter Flieger automatisch, ohne etwas dabei zu denken, bewirkt.

Dies ist zweifellos darauf zurückzuführen, daß man plötzlich in eine andere Windströmung gekommen ist.

In den vielen Fällen, in welchen ich dies beobachtet habe, ist die Flugmaschine nicht sehr wesentlich in ihrem gleichmäßigen Fluge gestört worden. Nach verhältnismäßig kurzer Zeit, vielleicht 5—8 Sekunden, verschwindet das Pfeifen wieder, die Flugmaschine ist dann nach der betreffenden Seite hin beschleunigt worden und diese Bewegung durch eine andere Seitensteuerstellung ausgeglichen.

Die Stärke des auftretenden Windes oder der Luftströmung hat besonders beim Fluge in hoher Luft, ich meine damit 1000 m und mehr, gar keine Bedeutung; meine besten Piloten fliegen über Land und bei klarem Wetter nicht unter 2000 m Höhe. Eine gute Flugmaschine fliegt in solchen Höhen und starken Luftströmungen genau unter denselben Stabilitätsverhältnissen wie bei völliger Windstille.

Ich glaube, daß da, wo vertikale Luftströmungen in großen Höhen dennoch auftreten, die Ursachen hierfür auf der Erde liegen, z. B. ein großes hohes Gebirge, ein großes tiefes Tal.

Wenn Flieger von vertikalen Böen und Stößen sprechen, die sie in großen Höhen gefunden hätten, so glaube ich, daß sie sich in den meisten Fällen in einer nicht so großen Höhe befunden haben, wie sie vielleicht irrtümlich annahmen.

Meine Erfahrungen erstrecken sich aber nur auf sehr leichte Flugzeuge. Die Flugmaschinen, mit welchen meine und meiner Schüler Erfahrungen gesammelt wurden, sind Flugmaschinen mit schmalen Flächen, welche 200—250 kg wiegen und ebenso und höher zu belasten sind wie andere; größere Flugmaschinen, welche

zum Teil 500—800, sogar über 1000 kg wiegen und manchmal weniger Nutzlast tragen als leichtere und kleinere Maschinen.

Wenn ein plötzliches Herunterreißen in der Luft in einer Höhe von 1000 m auf 400 m, wie ich es schon oft von Fliegern erzählen gehört habe, vorgekommen ist, so habe ich die Beobachtung gemacht, daß es meistens Flieger waren, welche sehr schwere Flugzeuge fliegen, des ferneren waren es meistens Flugzeuge mit sehr großer Flächentiefe, und zwar entweder Eindecker, welche ihre ganze Tragfläche in einer Fläche haben und somit solchen Vertikalströmungen eine große Angriffsfläche darbieten oder sehr große schwere Zweidecker, deren Tragflächen ebenfalls sehr tief waren. Die Flugmaschinen, mit welchen ich meine Erfahrungen sammelte, haben Tragflächen von 1 bis höchstens 1,5 m Tiefe, während die Flugmaschinen, von welchen ich eben sprach, Tragflächentiefen von 2—2,5 m bei Zweideckern und von 3 und mehr Meter Tiefe bei Eindeckern haben.

Es wird auch eine Änderung der Luftströmung in großer Höhe nicht besonders wahrgenommen, da nach meiner Erfahrung zwei verschiedene Luftströmungen allmählich ineinander übergehen, (zeitlich möchte ich sagen), daß die Elastizität des Übergangs sich meistens innerhalb mehrerer Sekunden abspielt, beispielsweise habe ich oft beobachtet, daß von Beginn des allmählichen Pfeifens der Drähte bis zum Aufhören des Pfeifens 5—8 Sekunden vergehen; 5—8 Sekunden sind in diesem Sinne eine sehr lange Zeit, in welcher sich etwas sehr allmählich bis zu einer gewissen großen Stärke entwickeln und wieder allmählich nachlassen kann. 5—8 Sekunden sind in bezug auf die Entfernung, in welcher sich ein solcher Vorgang abspielt, 150—200 m.

Wirbelbewegungen und vertikale Luftströmungen habe ich immer nur in Höhe von 1—100 m, vielleicht auch 150 m gefunden, und sie sind in meinen Flügen bis zu 100 m Höhe kurz vor der Landung sehr oft und mit sehr beängstigender Wirkung aufgetreten. Die Flugmaschine wird plötzlich senkrecht heruntergerissen, so daß der Pilot sich nicht mehr mit seinem ganzen Körpergewicht auf seinem Sitz fühlt. Meistens hören solche stoßartig, ich möchte besser sagen, zugartig auftretende Abwärtsbewegungen, die sich von einer Saugwirkung hervorgerufen anfühlen, nach 5, 10, 15, 20, 30 m Tiefgang auf. Wenn man nichts tut, überwinden sie sich am besten von selbst.

Ganz bestimmt möchte ich aber nicht behaupten, daß man wirklich nichts tut. Ich glaube, ein älterer Flieger tut automatisch sehr viel Richtiges in bezug auf die Steuerung, und es kommt ihm gar nicht zum Bewußtsein, daß er etwas getan hat, und es werden dies wohl insbesondere alle diejenigen Steuerbewegungen sein, die dem Anfänger oder einem nicht sehr fähigen Flieger die größten Schwierigkeiten machen.

Es ist mir noch nicht vorgekommen, daß ich oder einer meiner Piloten während einer solchen vertikalen Böe dicht über der Erde tatsächlich auf die Erde geschlagen wäre, sondern es haben sich diese Böen dicht über der Erde in 10, 15, manchmal wohl erst in 5 m Höhe wieder ausgeglichen; es macht sich dies ungefähr fühlbar, als wenn von unten herauf ein elastischer Widerstand gegen die Luftströmung aufgetreten sei und sie beseitigt habe.

Meine Schüler wußten aus meinen Erfahrungen, daß man in solchen Böen im allgemeinen nicht auf die Erde stößt, haben sich dementsprechend verhalten und

nicht wie es oft gemacht wird, sofort auf die Erde zu oder in die Höhe gesteuert. Wirbelbewegungen dicht an der Erde habe ich immer nur in der Weise empfunden, daß sie die seitliche Stabilität der Flugmaschine stören. Eigentümlicherweise habe ich beobachtet, daß solche Wirbelbewegungen in hoher Luft, dicht über Wolken, dicht über der Erde, aber auch bei Nebel vorkommen, und zwar kommen sie in letzterem Falle dann recht oft hintereinander und kurz auftretend vor.

Die vertikalen Luftströmungen mit stoßartig auftretenden Wirkungen dicht über der Erde sind meines Dafürhaltens nicht auf die Formation der Erdoberfläche zurückzuführen, sie werden dicht über der Erde wahrscheinlich aus dem Zusammenströmen unruhiger Luft hervorgerufen, welche von links, rechts, hinten und vorne dadurch kommt, daß der Wind beispielsweise von vorne über einen Wald, von der rechten Seite durch eine Chaussee, welche zu beiden Seiten hohen Wald hat, und links vielleicht durch Luftströmungen, welche durch Häuser und Straßen eines Dorfes veranlaßt sind, auftreten.

Man kann sagen: „Das ist ja die Erdoberfläche!“ Wenn man der Sache aber auf den Grund kommen will, muß man sagen: „Das ist die Erdoberfläche nicht“ und zwar deshalb nicht, weil man dazu zu dicht an der Erde ist, um dies sagen zu können. Ganz anders ist der Fall, wenn man von großen Höhen spricht und man von der Erdoberfläche sprechen muß, weil dann die Wirkung eines großen Höhenkomplexes oder eines tiefen Tales in die Beurteilung gezogen wird, was nicht der Fall ist, wenn man von Vertikalströmungen auf einem großen ebenen Platz in niedriger Höhe spricht, auf welchem je nach dem Wetter an bestimmten Stellen 3—4 verschiedenartige Luftströmungen auftreten, die mit der Erdoberfläche in solchem Falle und in diesem Sinne nichts zu tun haben.

Das Wort „Luftlöcher“, glaube ich, ist wohl entstanden durch die Erzählung junger enthusiasmierter, begeisterter Flieger in Verbindung mit der Wirkung, welche die Zeitungsberichterstattung auch auf solche Flugdarstellungen der Flieger ausübt, aus deren Zusammenwirkung dann solche Worte entstehen.

Ich habe noch kein Loch in der Luft gefunden, auch keiner meiner vielen Schüler und Piloten.

Aber auch hier möchte ich sagen, daß sich vielleicht bei einer schweren Flugmaschine mit tiefen Tragflächen ein Gefühl, als wenn man in ein Loch in der Luft fiele, bemerkbar macht; mit leichten Maschinen und schmalen Flächen, welche dicht untereinander liegen, ist dies nicht der Fall.

Herr Leutnant Fisch von der Fliegertruppe macht folgende Angaben:

Das Flugzeug geriet, auch wenn Aufstiege bei anscheinend völliger Windstille gemacht wurden, in heftige seitliche Schwankungen und wurde auch in der Vertikalen ohne vorher bemerkten Wind oder sonstige Gründe hin und her geworfen (besonders im Nebel und in den Wolken!)

Das Flugzeug wurde wiederholt seitlich gedreht, ohne daß das Seitensteuer betätigt wurde. Dieses sowohl wie die Vertikalströmungen machten sich deswegen oft sehr unangenehm bemerkbar, weil sie häufig durch die Steuerorgane nur schwer oder gar nicht zu parieren waren.

Meiner Beobachtung nach haben sich die oben genannten Erscheinungen besonders über einem Gelände gezeigt, das mit Gewässern und Wäldern bedeckt war (auf einem Flug Berlin-Neustrelitz) und vor allem in gebirgigen Gegenden. Bei einem Fluge über die Vogesen wurde ich vor dem Donon, über dessen Gipfelhöhe ich mich bereits befand, unvermittelt in wenigen Sekunden um mehr als 200 m herabgeworfen, ohne daß ich auch später eine Erklärung dafür hätte finden können. Ich war damals genötigt, auf dem Dononsattel zu landen.

Die Luftlöcher machten sich dadurch unangenehm bemerkbar, daß das Flugzeug plötzlich seitlich kippte oder unvermittelt durchsackte. Diese Erscheinungen waren besonders bei warmem, sonnigem Wetter sehr heftig, desgleichen bei Nebel. Merkwürdigerweise scheinen auch ganz unbedeutende Wasserläufe und Gräben einen ziemlich starken Einfluß darauf zu haben. In größeren Höhen sind solche Luftlöcher leicht zu parieren, während sie in Höhen bis zu 50 m lebensgefährlich werden können, da der Apparat dann vor dem Erdboden nicht mehr aufzufangen ist.

Für die Fliegertruppe äußert sich der Adjutant, Herr Leutnant Canter:

Besonders bei Sonne zeigen sich vertikale Luftströmungen, die das Flugzeug teils heben, teils herunterdrücken. Je höher man ist, desto geringer sind diese Störungen, doch sind sie bis 700 m Bodenhöhe bemerkt worden.

Beim Durchfliegen von Gewitterwolken hat das Flugzeug das Bestreben, sich aufzubäumen. Die Böen sind am vorderen Rand der schwarzen Wolken stärker als in denselben.

Wirbelbewegungen haben sich seltener gezeigt, so beispielsweise beim Süddeutschen Flug im Maintal in etwa 300 m Höhe. Hier hatte Leutnant Joly den Spessart, der bis zur Hälfte in den Wolken lag, und über dem es auffallend ruhig war, überflogen und machte einen Gleitflug von 800 auf 300 m. Kaum sah er den Main, als der Apparat von Böen gefaßt und nach allen Seiten geworfen wurde. Er mußte eine Rechtswendung machen, der Wirbelwind warf ihn aber scharf links herum, obgleich er gegensteuerte. Das Steuerrad wurde ihm verschiedene Male aus der Hand gerissen. Dabei werfen vertikale Böen das Flugzeug bald herauf, bald herunter.

Die Böen über dem Main hingen ohne Zweifel mit dem scharf eingeschnittenen, oft gekrümmten Maintal zusammen. Sonst machen sich manchmal Flüsse, Kanäle (diese mehr als Flüsse) und Sümpfe durch vertikale Böen bemerkbar. Über dem Spessart lief der Motor etwa um 80—100 Touren schneller. Leutnant Joly führt dies auf die Waldluft zurück.

Luftlöcher sind besonders bei ruhigem Wetter vorhanden, wenn Luft und Boden verschieden erwärmt sind. Teils sind sie so, daß das ganze Flugzeug fällt, teils so, daß ein Flügel fällt. Das letztere ist das Unangenehmere. Wenn man hoch genug ist, schaden diese Luftlöcher nichts. Man empfindet sie auch nicht sehr unangenehm. Das Gefühl ist etwa wie im Fahrstuhl. Man sieht nur am Barometer oder noch besser am Barogramm, wie sehr man gefallen ist.

Von Herrn Hans Grade werden uns folgende Mitteilungen:

Die für ein Flugzeug störenden Luftströmungen äußern sich von vornherein in einer Veränderung der Flugrichtung. Man kann sehr leicht mit einer gewissen

Deutlichkeit folgende Bewegungsveränderungen auseinanderhalten: Bewegungen in der Längsrichtung nach aufwärts, abwärts, nach rechts und links, Bewegungen quer zu dieser Längsrichtung. Diese Bewegungen gehen unter Veränderung oder Verdrehung der Achse des Apparates in einem gewissen Winkel vor sich. Ferner ist deutlich zu erkennen: Verschieben des ganzen Apparates in der Horizontalen und Vertikalen ohne Richtungsveränderung, schnell hintereinander folgendes Auf- und Absteigen des Apparates, mehrfach hintereinanderfolgend ähnlich den Erschütterungsbewegungen eines Fahrzeuges auf holpriger Straße, plötzliches Beschleunigen und Verlangsamen der Fahrt in horizontaler Richtung. Sämtliche Bewegungen kommen selbstverständlich daher, daß die durch das Fahrzeug durchschnittenen Luftschichten durch Windstöße usw. in unregelmäßige Bewegungen versetzt sind. Die Stärke der Bewegung des Fahrzeuges ist abhängig von der Größe der Flügelspannung, der Größe der Belastung, zum Teil von der Lage des Schwerpunktes und der Form der Flügel, von der Länge des Fahrzeuges, unter gewissen Umständen auch von der Geschwindigkeit des Fahrzeuges und dem Verhältnis dieser zu der Stärke der Luftströmungen. Je nach der Jahreszeit tritt die eine oder andere Bewegung mehr oder weniger häufig ein. In den Monaten, in denen die Temperatur ausgeglichen ist, findet man weniger die durch Sonnenbestrahlung herrührende Luftveränderung. Die Wirbelbewegung ist nicht abhängig von der Stärke des Windes, sondern wesentlich mehr von der Windrichtung und dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Beispiel: Starker Ostwind ist ruhig, schwererer Südostwind wesentlich unruhiger. Außerdem ist es maßgebend, in welcher Reihenfolge die Luftströmungen hintereinander folgen, und ob eine Erwärmung oder Abkühlung eintritt.

Wirbelbewegungen in der Vertikalrichtung treten meiner Ansicht nach fast nur durch Temperatur-Ausgleich veranlaßt auf. Kleinere Bewegungen kommen vor am Vormittag von 8 Uhr bzw. 9 Uhr bis 1 Uhr ev. bis nachmittags im Sommer speziell um 5 Uhr. Größere Vertikalbewegungen treten ein, wenn starke Temperaturunterschiede in einzelnen größeren Zeitabschnitten eintreten, besonders wenn Unterwind und Oberwind verschiedener Richtung sind und dadurch verschiedener Temperatur. Bei stärkeren Winden sind Vertikalströmungen fast ausgeschlossen. Sehr häufig treten sie bei schwachem Wind bis zu 4 m/sec auf. Vor allen Dingen werden sie nur unangenehm bei Wolkenbildung. Vertikalströmungen werden auch erzeugt durch Wälder, Sandfelder, Wiesen, Seen usw. Die Vertikalbewegungen werden angezeigt durch plötzliche Unruhe des Apparates, starkes Schütteln; starke Böen, welchen man entsprechend der sonstigen Strömung in der Luft kein Motiv unterschieben kann, weisen auf plötzliche Stille und merkliche Temperaturdifferenzen hin, kleinere Vertikal-Strömungen zeigen weniger merkliche Temperaturdifferenzen, manchmal allerdings sehr häufige Bewegungen.

Vertikalbewegungen und andere Bewegungen in der Luft stehen nur in einer gewissen Höhe mit den darunterliegenden Erdformationen in Verbindung Alleinstehende Häuser, hohe Zäune, Felswände, Waldränder usw. erzeugen senkrechte Strömungen, die durchschnittlich in 10 facher Höhe des Gebäudes bemerkbar sind, im allgemeinen aber nicht über 200 bis 300 m über demselben und abhängig von der Windgeschwindigkeit und von dem Umstande, ob der Widerstand zu seiner Umgebung frei oder verdeckt liegt. Im allgemeinen sind bei östlichem Winde diese

Widerstände weniger bemerkbar, da der Unterwind im Durchschnitt geringe Geschwindigkeit besitzt. Westwinde erzeugen wesentlich stärkere Wirbel, was vielleicht in der Stärke des Unterwindes liegt, ev. auch daran, daß an und für sich die Westwinde sehr böig sind.

Die in der Fliegersprache erscheinenden Luftlöcher treten bei den oben erwähnten Vorgängen häufig ein, und zwar bei Vertikalflächen durch Temperaturdifferenz, wobei der fallende Luftstrom die aufsteigende wärmere Strömung ersetzen soll, und auch, aber im geringen Maße und unter anderen Begleiterscheinungen, hinter Widerständen. Herabsinkende Luft und senkrechte Wärmeströmungen sind wesentlich gefährlicher, da sie häufiger Wirbelwinde erzeugen können und im großen Maßstabe, falls sie sich auf große Flächen erstrecken, den Apparat von größter Höhe in wenigen Minuten beträchtlich herunterdrücken können. Den anderen durch die Widerstände entstehenden Luftlöchern kann man leicht ausweichen, falls die Widerstände klein sind. Unangenehmer wird es, falls Berge mit ihren Abhängen die Ursache dieser Bewegungen sind.

Herr Dipl.-Ing. Karl Grulich äußert sich mit dem Vorbehalt, daß er nicht Berufsflieger sei, vielmehr das Fliegen nur erlernt und ausgeübt habe, um seine Konstruktionen selbst auszuprobieren und die für das Konstruieren und Bauen von Flugzeugen nötigen Erfahrungen zu sammeln, folgendermaßen:

Bei Flügen auf dem Flugplatze in Johannisthal in etwa $\frac{1}{2}$—$\frac{2}{3}$ der Höhe der großen Ballonhalle bin ich wiederholt in deren Nähe mit dem Flugzeug so stark hochgehoben worden, daß ich das Höhensteuer fast ganz auf Abstieg einstellen mußte, um annähernd in derselben Höhe weiter zu fliegen. Sobald ich an den Hallen vorbei war, mußte ich das Höhensteuer wieder auf Aufstieg stellen, um nicht zu stark zu sinken. Leider habe ich mir nicht die dabei herrschende Windrichtung gemerkt.

Ganz allgemein habe ich beobachtet, daß man, wenn man bereits in der Luft fliegt, gegen den Wind sehr viel leichter mit starker Belastung des Flugzeuges steigt, als wenn man mit dem Winde fliegt. Diese Beobachtung habe ich bis zu den Höhen, die ich bis jetzt aufgesucht habe — ~ 1000 m, also nicht nur wenige Meter über dem Erdboden — gemacht. Diese Erscheinungen habe ich mir auch nicht einwandfrei erklären können. Vielleicht hat der Wind bis zu diesen Höhen sehr häufig eine geringe aufsteigende Tendenz. Vielleicht ist aber auch die Wirbelung des Windes dabei tätig. Wenn bei Wind die Luft häufig ansteigt, so ist es klar, daß die Luft auch wieder an anderen Stellen heruntersinken muß. Dabei werden wohl der Druck, die Temperatur und die Geschwindigkeit der Luft in Verbindung mit der Gestaltung der Erdoberfläche wesentlich beteiligt sein.

Das rasche Heruntersinken des Flugzeuges infolge eines sogenannten „Luftloches" habe ich auf dem Flugplatze in Johannisthal sehr unliebsam bemerkt: Ich war mit unserem 50-PS-Flugzeug mit Passagier aufgestiegen und in etwa 50 m Höhe am Wright-Schuppen über den Wald nach Adlershof zu geflogen. Nachdem ich umgekehrt war, um am Walde entlang nach dem heutigen neuen Startplatze zu fliegen, senkte sich der Apparat mit einem Male ziemlich rasch, ohne daß ich bemerkt habe, daß der Motor in der Drehzahl zurückgegangen ist. Leider gelang es mir nicht mehr, über die Starkstromleitungen, die den Flugplatz damals auf der Waldseite

umsäumten, hinweg zu kommen. Das Flugzeug verfing sich darin und stürzte zu Boden.

Mein Begleiter war übeı den Motor hinweg herausgefallen und hatte sich nur die Hände ganz wenig verbrannt, wähıend ich mir das linke Bein in der Kniegegend erheblich gequetscht hatte. Der Apparat war sehr stark beschädigt worden.

Ähnlich habe ich die absteigende Luft auf einem Fluge von Johannisthal nach Döberitz im Dezember 1911 unangenehm empfunden. Bis Großlichterfelde war ich sehr schön auf ~ 800—1000 m gestiegen, und je mehr ich mich von da dem Wannsee und der Havel näherte, umsomehr sank der Apparat, so daß ich nur in 100—200 m Höhe über die Havel bei Schwanenwerder flog.

An solchem Sinken der Flugzeuge ist allerdings wohl häufig auch das Zurückgehen der Drehzahl des Motors infolge ungenügender Schmierung schuld.

Eine merkwürdige Beobachtung habe ich auch einmal auf dem Johannisthaler Flugplatze gemacht: Es herrschte eines Sonntags vormittags gar kein Wind, so daß ich vom alten Startplatze aus sehr schön nach dem Wright-Schuppen und von da am Walde entlangflog. Plötzlich wurde das Flugzeug hin- und hergeworfen, hochgehoben und wieder heruntergedrückt und um seine vertikale Achse gedreht. Nur mit großer Mühe gelang es mir, den Apparat in einem großen Bogen über Johannisthal und den Teltow-Kanal auf den Flugplatz zurückzubringen und glatt zu landen. Ich hatte den Eindruck, in einen Luftstrudel gekommen zu sein, der sich fortbewegte und mich hin- und herschüttelte. Ich habe bis dahin nicht geglaubt, daß anscheinend ruhige Luft für das Flugzeug so gefährlich werden könnte.

Am angenehmsten fliegt es sich auf Flugplätzen, auf denen viele Apparate gleichzeitig fliegen, wenn ein leichter, gleichmäßiger Wind weht, der die Luftwirbel, die die Flugzeuge erzeugen, wegweht.

Herr Reg.-Baumeister a. D. Hackstetter schreibt:

Meine Erfahrungen gründen sich hauptsächlich auf meine 230 Fahrten im Luftschiff und auf ca. 43 Flugstunden in Flugmaschinen verschiedenster Konstruktion und sind in den verschiedensten Gegenden Deutschlands gesammelt worden.

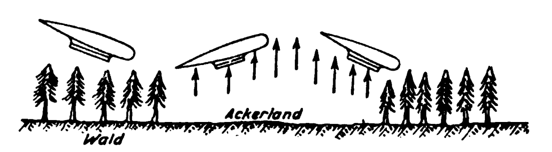


Fig. 1.

Das Auftreten von Böen, die für beide Luftfahrzeugarten gleich unangenehm sind, hängt nicht nur mit dem Wechsel der Tageszeit zusammen, sondern — vielleicht in noch höherem Maße — mit der Formation der Erdoberfläche bzw. mit dem Wechsel zwischen Ackerland, Wald, Wasser, Sumpf, Moor, Heide usw. Bei einer großen Überlandfahrt München-Traunstein war das Schaukeln des Luftschiffes derart, daß eine Dame seekrank wurde. Dabei fuhr das Schiff in 100—150 m über dem Boden.

Der beim Überqueren von Wasserflächen geringerer Ausdehnung: Kanäle, Flüsse, Ströme, auftretende Luftstrom darf als bekannt vorausgesetzt werden. Bei Annäherung an das Wasser wurde Luftschiff wie Flugmaschine zuerst hochgehoben, dann sanken sie herab zur Wasserfläche, um am anderen Ufer zuerst wieder gehoben zu werden und jenseits wieder zu sinken, so daß ich jeweils jede zu über-

querende Wasserfläche in aufsteigender Bewegung überspringe. Bei größeren Wasserflächen, z. B. den Oberbayerischen Seen, zeigten sich diese Böen mit absoluter Sicherheit je nach Tageszeit und Jahreszeit in ihrer Stärke verschieden. Dagegen ging die Fahrt über dem Wasser gleichmäßig ruhig vonstatten. Ammersee, Würmsee, Kochelsee, Giemsee usw. Fahrten von Kiel aus in See, Flüge über die Havel- und Spreeseen lieferten diese Erfahrungen. Bestätigung hiervon hatte ich bei 24 Fahrten über dem Vierwaldstätter See, Zuger-Züricher-Sempacher-See zur Genüge. Desgleichen im Flugzeug beim Überfliegen der See zwischen Kronstadt und Petersburg und beim Flug „Rund um Berlin" am Tegeler See und dem See bei Potsdam.

Was nun Wirbelbewegungen in der Luft betrifft, so kann ich auch davon sprechen.

Bei der Fahrt um den Rigi gerieten wir mit dem Luftschiff in den plötzlich auftretenden Föhn bei Brunnen, der zuerst das Schiff sowohl von der Seite wie von unten annahm, 350 m aus seiner Höhenlage emporriß und in das offene Tal bei Schwyz warf. Als wir dann hinter dem Rigi vorbeifuhren, wurde das Schiff von den sonnenbestrahlten Hängen des Roßberges unaufhaltsam in den Schattenkegel des Rigi gezogen und in dreifacher Wirbelbewegung um seine Achse gedreht und von 650 m über dem Seespiegel auf 150 m herabgedrückt und ebenso auf 670 m in gleicher Wirbelbewegung hochgehoben. In 700 m über See, also 1130 m über Null, herrschte wieder absolut ruhiges Wetter. Ob derartige Wirbel auch im Flachlande auftreten, weiß ich nicht; sog. Windhosen habe ich noch nicht mitgemacht.

Aus dem Vorhergesagten ist ohne weiteres zu ersehen, daß derartige Wirbel verbunden mit Vertikalströmen von der Erdformation ausgehen. Speziell in den Bergen konnten wir dies sehr genau beobachten. Fuhren wir in den tiefeingeschnittenen Tälern, so war jeweils die eine Seite stark von der Sonne bestrahlt, während die andere im Schatten lag. Die Sonnenseite holte das Schiff hoch, die Schattenseite herunter. Unter diesen Strömungen hatte auch der in Luzern stationierte Eindecker-Flieger Ingold zu leiden. Auch der Freiballon „Theodor Schäck" wurde bei Brunnen aus 1600 m im Wirbel bis auf den Vierwaldstätter See herabgedrückt und konnte trotz genügender Ballastausgabe nicht mehr hoch kommen.

Betr. „Luftlöcher". Dieselben existieren nach meinen Erfahrungen tatsächlich, und zwar sind dieselben nicht in fortschreitender Bewegung begriffen, sondern treten dauernd auf der gleichen Stelle auf.

Im Stadtgebiete Luzern war ein solches Luftloch, das wir aus Interesse mehrfach aufsuchten und jederzeit antrafen. Dies mag von ungleichmäßiger Erwärmung und Ausstrahlung der Häuser gegenüber der die Stadt durchfließenden Reuß herrühren.

Drei solcher Luftlöcher habe ich bei meinen Fahrten über Berlin im P. L. 6 vorgefunden, und zwar eines in der Nähe des Kgl. Schlosses und Domes, woselbst hinter diesen hohen Gebäuden die Spree vorbeifließt und auf der anderen Seite der Schloß- und Domplatz liegt mit den anschließenden „Linden".

Das zweite am Reichstagsgebäude aus wahrscheinlich den gleichen Ursachen und das dritte am Potsdamer Platz, an den auf der einen Seite der Tiergarten grenzt und auf der anderen Seite das Häusermeer Berlins liegt.

Auch bilden das Tempelhofer Feld sowie mehrere kleinere Exerzierplätze im Weichbilde der Stadt keine angenehme Abwechselung in der Führung von Luftschiffen. Darunter haben nach Angabe von Dr. Eckener die auch Z-Schiffe zu leiden.

Auch auf dem Flugplatze Johannisthal befinden sich — auch den meisten Fliegern bekannte — Luftlöcher, die wie ich aus eigener Erfahrung weiß, auf 200 m bemerkbar sind.

Eine befriedigende Erklärung über deren ev. Entstehen und dauerndes Vorhandensein konnte ich mir bisher nicht geben.

Von Herrn Dipl.-Ing. Wilh. Hoff erhalten wir die Zuschrift:

Ich habe bei Messungen zur Bestimmung der Eigengeschwindigkeit und Flugwinkel eines Flugzeuges in einigen Fällen die Einwirkung stoßweiser Luftbewegung durch meine Versuchskurven feststellen können und damit auch Aufschluß über Dauer und Größe der Geschwindigkeitsänderungen des Flugzeuges erhalten.

Herr Kapitänleutnant a. D. Walter Hormel äußert sich:

Als störende Luftströmungen in der Atmosphäre wurden beobachtet die Wirbelbildungen, die entstehen durch Gegenströmen der Luft gegen Hindernisse auf dem Erdboden, Häuser, Tribünen, Ballonhallen, Ortschaften usw.

Wirbelbildungen verbunden mit Vertikalströmungen wurden hauptsächlich da beobachtet, wo durch Beschaffenheit der darunterliegenden Erdoberfläche ihr Auftreten bedingt war. Vor allen Dingen störend wurden empfunden die Grenzen von Wald und Wasser. Selbst kleinere Flußläufe und Kanäle machten sich durch Vertikalböen bemerkbar.

Bei Sonnenaufgang wurden die ersten Böen, die in der Fliegersprache als „Sonnenböen" bezeichnet werden, sehr häufig beobachtet.

Herr Oberleutnant Mackenthun berichtet:

Ruhige Luftströmungen beachtet der Flieger meist gar nicht, da er im Gegensatz zum Freiballonführer nicht von ihnen abhängig ist. Horizontale Strömungen sind jedoch insofern von Einfluß, als sich durch ihre Mitwirkung die relative Geschwindigkeit des Flugzeuges ergibt.

Starke Strömungen, namentlich in vertikaler Richtung, sind — wenn sie plötzlich auftreten — störend. Sie bringen das Flugzeug aus der Gleichgewichtslage und müssen daher vom Führer durch mehr oder weniger starke Steuerbetätigung aufmerksamst pariert werden.

Auf einem Fluge von Bremen nach Hannover mußte ich im Weserthal eine Zwischenlandung vornehmen. Nach erneutem Start bei mäßigem Seitenwind wurde mein Apparat aus 50 m Höhe mit einem Ruck bis auf 10 m heruntergerissen, und zwar so plötzlich, daß mein Begleiter und ich etwas aus dem Sitz gehoben wurden, weil sich unsere nicht festgeschnallten Körper der Abwärtsbewegung nicht schnell genug anschlossen. Das Flugzeug blieb merkwürdigerweise in sich vollständig im Gleichgewicht, fing sich kurz vor dem Boden wieder auf und flog horizontal weiter.

Diese **Vertikalströmung** stand in ursächlichem Zusammenhang mit der Bodenbedeckung. Wir waren einen Wiesenstreifen entlang geflogen und passierten gerade einen über Wind liegenden hohen Waldrand.

Flugzeuge, welche keinen Überschuß an Motorenstärke besitzen, fliegen und steigen nur bei günstigen Luftdruckverhältnissen. Ist es heiß oder schwül, so ist die Tragfähigkeit des betr. Flugzeuges — wenn es überhaupt vom Boden hochkommt — derartig gering, daß es unter den leisesten Luftdruckunterschieden zu leiden hat. Solche Druckunterschiede treten aber oft plötzlich beim Überfliegen von Sumpfstellen, Waldstücken und Wasserflächen, beim Verschwinden und Wiederauftreten heißer Sonnenstrahlen usw. ein. — Da das Flugzeug nur klein ist, ragt es nicht, wie z. B. ein Z-Schiff, über die Grenzen des „Luftloches" hinaus, sondern „sackt" in ihm „durch". Oft sind diese Löcher so scharf begrenzt, daß nur die eine Hälfte vom Flugzeug in Mitleidenschaft gezogen wird, wodurch starke Schwankungen verursacht werden, ja sogar ein „Abrutschen" eintreten kann.

Ist das Verhältnis der Motorenstärke zur Schwere und Bauart des Flugzeuges jedoch so günstig bemessen, daß ein Überschuß an Kraft vorhanden ist, so treten diese Luftlöcher weniger stark in die Erscheinung: das Flugzeug ist stabiler.

Endlich spricht sicht Herr Dipl.-Ing. **Robert Thelen** noch folgendermaßen aus:

Wirbelbewegungen der Luft sind mir merkbar nicht angefallen. Dagegen machen sich die Vertikalbewegungen der Luft zeitweise sehr unangenehm bemerkbar. Es kommt vor, daß man an manchen Tagen eine Maschine, die nicht allzu rasch steigt, die sonst aber bequem auf die gewünschten Höhen zu bringen ist, überhaupt nicht über eine gewisse Höhe hinüberbringt, oder doch nur recht schwer.

Hat man diesen Punkt, sagen wir bis 300 m, einmal überschritten, so geht das Steigen wieder flott vor sich. Dies kann meines Erachtens nur damit zusammenhängen, daß die Luft eine abwärts gerichtete Bewegung hat, die etwa gleich Steigegeschwindigkeit der Maschine ist. In den Pilotenkreisen heißt es dann: „Heute trägt aber die Luft mal wieder gar nicht." Umgekehrt steigt die Maschine bei aufwärts gerichteter Luftströmung oft überraschend schnell. „Die Luft trägt gut."

In Dänemark ist es mir stets gegangen, daß ich morgens mit dem Flugzeug nie über 250 m Höhe hinaus kam. Abends kam ich spielend, ohne es zu wollen, auf 500 m und mehr.

Bei sonnigem Wetter fällt es betreffs der Erdformation direkt auf, daß die Maschine ruhig liegt über Wald und Wasser; über Wiesen und feuchtem Gelände furchtbar unruhig. Am unruhigsten, wenn man von Wiese auf Wald, Wald auf Wiese, Wasser auf Wiese, Wiese auf Wasser usw. übergeht. Wald — Wasser und umgekehrt ist nicht so fühlbar. — Das mangelhafte Steigen morgens bzw. das gute abends ist wohl darauf zurückzuführen, daß morgens durch die Abkühlung der Nacht die Luft eine allgemeine Abwärtsbewegung erhält, abends umgekehrt eine allgemeine Aufwärtsbewegung.

Die sogenannten **Luftlöcher** sind mir nie besonders aufgefallen. Es kommt wohl vor, daß die Maschine mal durchfällt, so daß man ein bißchen seinem Sitze gegenüber zurückbleibt. Das sind dann aber nur ein paar Zentimeter und keine

Meter, die „man von seinem Sitze hochgeschleudert wird". Es ist mir nie vorgekommen, daß die Maschine um Hunderte von Metern durchfiel; ich halte das für „Fliegerlatein".

Diskussion zu den Vorträgen von Geh. Reg.-Rat Dr. Assmann und Dr. Linke.

Fabrikbesitzer August Euler - Frankfurt a. M.

Durch die allen Diskussionsrednern für ihren Vortrag zur Verfügung gestellte Zeit von 5 Minuten bin ich zu meinem Bedauern nicht in der Lage, das alles auszuführen, was ich mir für diese Diskussion zurecht gelegt hatte, und ich will versuchen, meine Meinung über die zur Diskussion stehenden Punkte: Luftlöcher, Böen, Wirbel, zusammenzufassen, daß ich meinen Vortrag in möglichst dieser Zeit beende. Ich habe drei Jahre lang auf einem großen Flugplatze, dem Darmstädter Sande, gestanden und hier während der Zeit, während welcher ich nicht fliegen konnte, sehr viel Gelegenheit gehabt, Wirbel, Böen und wechselnden Wind sehen zu können, und zwar dadurch, daß auf dem tiefen Sande an heißen Sommertagen manchmal die kleinsten Windstöße den feinen, trockenen Sand bewegten, und man somit Wirbel, Böen, Windstöße in ihrer Stärke an dem durch dieselben bewegten feinen Sande beobachten konnte, und besonders aber, wie groß die Dimensionen solch auftretender Wirbel, Böen und Windhosen sind. Ich habe mich nach vielen Überlegungen und Beobachtungen fragen müssen, ob denn solchen verhältnismäßig kieinen Veränderungen in der Windrichtung: Luftstöße, Wirbel und Böen, bezüglich der durch sie auf eine Flugmaschine auszuübenden Kraft eine solche Wirkung beizumessen sei, wie dies allgemein geschieht. Ich habe mir diese Frage schließlich immer wieder mit „nein" beantworten müssen und dann, wie wir Praktiker dies oft tun, wenn man lange nicht zu einem einigermaßen sicheren Resultate kommt, mir alle Fragen bezüglich der Böen usw. umgekehrt gestellt und mich gefragt: „Sollten hier nicht vorhandene größere Kräfte plötzlich verschwinden und das Unstabilwerden der Aeroplane bzw. die Wirkung der sogenannten Luftlöcher usw. hervorrufen können?" Denn es müssen größere Kräfte sein, welche auf den Aeroplan wirken, als die, welche wir mit dem Auge, wie oben erläutert, sehen oder an unserem Gesicht oder als Widerstand an unserem Körper fühlen. Ich bin schließlich nach Zusammenfassung aller Erfahrungen, die ich in der Luft gemacht habe, darauf gekommen, daß alle für den Flieger gefährlich werdenden Momente mit diesen verhältnismäßig kleinen Luftbewegungen: Wirbel, Böen als Zusatzbeanspruchung oder zusätzliche Kraft, wohl weniger zu tun haben. Denn einer Geschwindigkeit von 100 km gegenüber können diese Kräfte, zusätzlich ins Auge gefaßt, keine so sehr störende Wirkung haben, wie man allgemein vermutet. Ich erkläre mir den Vorgang der auftretenden Störungen, gefährlichen Stöße, Luftlöcher usw. folgendermaßen: Ein Luftloch im Sinne der alltäglichen Auffassung existiert nicht.

1. Beispiel: Da tatsächlich die Führer besonders schwerer und schneller Aeroplane immer wieder behaupten, daß sie plötzlich wie in ein Luftloch senkrecht heruntergefallen seien, so ist diese Wirkung jedenfalls da, und die Ursache dieser Wirkung erkläre ich mir folgendermaßen: Ein Aeroplan, welcher eine Eigengeschwin-

digkeit von 100 km hat, fliegt bei einem Winde, bei welchem wohl heute alltäglich geflogen wird, sagen wir etwa 14 Sekundenmeter. Dies entspricht ungefähr einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 50 km pro Stunde. Der Aeroplan wird innerhalb dieser Luftströmung um 50 km langsamer fliegen, wenn man seine Geschwindigkeit von einem Punkte der Erde aus beurteilt. Unter der Tragfläche beträgt jedoch die Geschwindigkeit der Luft ebensoviel wie die Eigengeschwindigkeit des Aeroplans, d. i., wie oben gesagt, 100 km. Würde nun dieser Aeroplan, wenn in 800 m Höhe dieser Gegenwind vorhanden ist, herunterfliegen und auf 600—650 m plötzlich eine entgegengesetzte Luftströmung von genau derselben Stärke, 14 Sekundenmeter, also ca. 50 km pro Stunde, finden, so ist die nunmehr unter der Tragfläche herrschende Situation am besten wiederum von einem festen Punkte der Erde aus zu beurteilen. Im Moment vor diesem Wechsel der Windströmung hat der Aeroplan zu dem betreffenden Punkte der Erde eine Geschwindigkeit von 50 km; er bekommt nun Rückwind bzw. in einen Luftstrom, welcher ebenfalls mit 50 km Geschwindigkeit in derselben Richtung geht, wie der Aeroplan fliegt, und dann ist die Geschwindigkeit des Luftstromes unter der Tragfläche gleich Null, und der Aeroplan muß senkrecht herunterfallen. Ich wähle dieses Beispiel lediglich, um die Sache leicht und kurz verständlich zu machen.

2. Beispiel: Fliegt ein Aeroplan nicht herunter, sondern in horizontaler Richtung aus einer Luftströmung in die entgegengesetzte, so treten dieselben Verhältnisse wie oben erklärt ein.

3. Beispiel: Fliegt ein schwerer Aeroplan, welcher 100 km Eigengeschwindigkeit hat, gegen einen Luftstrom von 50 km, und der Führer will plötzlich umkehren (eine gerade Linie vom Beginn bis zur Beendigung des Halbkreises hat vielleicht eine Länge von 300 m), so bekommt er in demselben Luftstrom plötzlich einen Rückwind von einer Geschwindigkeit von 50 km, und dann ist die Geschwindigkeit des Luftstromes unter der Tragfläche im ersten Moment gleich Null, oder, je nach der während der Kurve erhaltenen Beschleunigung des Aeroplans, etwas größer. Es kann unter diesen Umständen sogar der Fall eintreten, daß, wenn die Flugmaschine in der Kurve noch langsamer geworden ist, als sie vorher zu einem bestimmten Punkte der Erde gesehen war, daß die Geschwindigkeit des Windes größer ist im ersten Moment des Hineinkommens in diesen als die Geschwindigkeit der Flugmaschine selbst, da die Flugmaschine im ersten Moment nicht einmal mit diesem Luftstrom, sondern sogar langsamer als dieser fliegt. Ein Aeroplan muß in dieser Situation herunterfallen. Für den Piloten muß das Gefühl entstehen, als wenn er in ein Loch fiele. Ähnliches tritt mehr oder weniger ein, wenn man schräg im Winde auf einen bestimmten Punkt zufliegt und plötzlich eine andere Windrichtung findet. Ähnlich verhält es sich mit Böen und Wirbeln, welche entweder die ganze Flugmaschine oder, wie in den meisten Fällen, nur einen Teil derselben treffen. Böen und besonders Wirbel und kleine Windhosen, welche ich beobachten konnte, haben manchmal nur einen Durchmesser von 20 bis 30 oder 40 m in horizontaler Richtung. Fliegt eine Flugmaschine durch eine solche Böe oder einen Wirbel und durchschneidet sie dieselben mit einem Flügel, so wird dieser Wirbel, wenn der Aeroplan beispielsweise im allgemeinen mit Gegenwind fliegt, eine verhältnismäßig große Verringerung der unter der Tragfläche vorhandenen Luftgeschwindigkeit hervor-

rufen und die Tragkraft der Fläche entsprechend heruntersetzen. Fliegt man im Sommer morgens durch viele solcher Böen, Wirbel und Luftwellen, so tritt durch die Geschwindigkeitsverminderung oder -vermehrung unter der Tragfläche ein Schaukeln, Stoßen und Unsicherfliegen ein. Ich glaube, daß fast alle Böen, Wirbel sich in diesem Sinne unter der Tragfläche zur Geltung bringen. Man kann auch bei Wirbeln auf großen, trockenen Sänden beobachten, daß die Bewegungen dieser Wirbel bzw. Windhosen aus Kreisbewegungen in horizontaler Richtung bestehen. Der Sand wird in die Höhe getragen, manchmal bis zu 50, 80 und 100 m, aber er wird von 20—30 m Höhe an so dünn, daß man die Bewegungen nach oben nicht mehr sieht. Auch ist diese so sehr langsam, daß man unbedingt sagen muß, daß der Stabilität des Aeroplans diese Bewegung nichts anhaben kann, sondern es kommt nur die horizontal drehende Bewegung in Betracht, welche von hinten oder vorne eine Verminderung oder Vermehrung der Luftgeschwindigkeit unter der Tragfläche hervorruft. Auch Luftwellen, welche als Wellen in vertikaler Richtung sich bewegen, würden fast dieselbe oder eine ähnliche Einwirkung auf die Verringerung oder Vermehrung der Geschwindigkeit unter einem Teile der Fläche zur Folge haben. In schweren Flugmaschinen wird sich natürlich die Folge solcher Verminderung der Luftgeschwindigkeit unter der Tragfläche mehr fühlbar machen, und wenn eine Beschleunigung der größeren Gewichte nach unten stattgefunden hat, wird der Aeroplan um so schwerer sich wieder fangen. Solche Luftlöcher heben sich allmählich wieder dadurch auf, daß der Aeroplan durch den Motor und die Schraube langsam innerhalb der neu eingetretenen Situation wieder beschleunigt, steuerbar und stabil wird. Wenn der Aeroplan sich oben in den zuerst gesagten Verhältnissen erst wieder vollständig beschleunigt hat, dann beträgt seine Geschwindigkeit zu einem bestimmten Punkte der Erde gesehen 150 km. Unter der Tragfläche ist die Geschwindigkeit des Luftstromes der des Aeroplans gleich, das ist, wie angenommen, 100 km. Ich möchte besonders darauf hinweisen, daß die Geschwindigkeitsveränderungen unter der Tragfläche, welche zusätzlich und größer werdend auftreten, die Stabilität und den Flug der Maschine nicht so sehr stören wie solche Geschwindigkeitsveränderungen, welche abzüglich auftreten, weil im ersten Falle das Gewicht der ganzen Maschine dieser Kraft, der zusätzlichen Kraft, entgegensteht, während im anderen Falle bei geringer werdender Geschwindigkeit unter der Tragfläche, das Gewicht der Maschine bzw. der auf den Teil der Tragfläche entfallende Teil des Gewichts herunterzieht, bzw. dann auch die Massenbeschleunigung ins Auge zu fassen ist. Ich bin fest überzeugt, wenn man registrierende Meßinstrumente so dicht unter der Tragfläche angebracht zur Feststellung dieser Geschwindigkeitsverhältnisse unter der Tragfläche verwenden würde, so wird sich meine Theorie sicher beweisen. Man wird nun von diesem neuen Gesichtspunkte aus sich zu fragen haben: Wie verhält sich unter diesen Verhältnissen eine schnelle Flugmaschine gegenüber einer langsamen (schnell und langsam im Maßstabe der heutigen Verhältnisse gesehen), und ferner eine schnelle Flugmaschine, welche vielleicht so außerordentlich schnell ist, daß in ihrer Schnelligkeit ein sehr großes Plus gegenüber den auftretenden Windströmungen enthalten ist? Es wird die Frage zu stellen sein: Wie verhalten sich unter diesen neuen Gesichtspunkten flache Flächen gegenüber sehr stark gewölbten Flächen? Wie verhält sich eine große Steigung gegenüber einer kleinen Steigung?

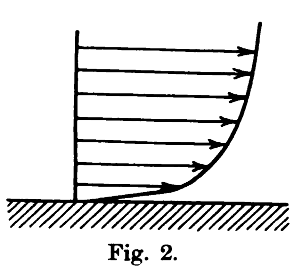
Von der Wetterkunde möchte ich erbitten, daß in Zukunft mit Rücksicht auf die gemachten Ausführungen außer der Windstärke in 500, 600, 800 und 1000 m Höhe auch die Windrichtung in diesen verschiedenen Höhen dem Flieger vor dem Start dazu gesagt werden kann. Dann wird der Flieger bei einem Überlandflug z. B. von Frankfurt bis Freiburg ungefähr sagen können, in der und der Höhe fliege ich nicht, weil ich da in die vermeintliche Luftlöchersituation kommen kann.

Professor Dr. Grosse - Bremen.

Ich möchte im Anschluß an das zur Verhandlung stehende Thema zwei Anregungen geben. Einmal die, daß noch an sehr viel mehr Stellen als bisher in Deutschland tägliche Luftsondierungen durch Pilotaufstiege und Momentanmessungen von Windstärken erfolgten. Das erfordert keine großen Mittel. Besonders die Küste müßte im Interesse unserer Seeverteidigung mit Stationen besetzt sein. Dazu sind die Kaiserliche Seewarte und die Marine besonders berufen. Bremen hat gute Instrumente auf zwei Leuchttürmen und eine Pilotstation auf dem Feuerschiff „Weser". Leider geben alle Windmesser bisher nur die Horizontalkomponente der Windstärke. Unser „Ausschuß für Meßinstrumente" wird also dafür wirken müssen, und dahin geht meine jetzige Anregung, daß ein mit möglichst wenig Trägheit behafteter, besonders zum Studium der Bodenwirbel und der Turbulenz geeigneter Windmesser entsteht, der uns bei der Auswahl und Prüfung von Lufthallenplätzen und Flugfeldern, die durchaus erforderlich ist, gute Dienste leisten kann. Die Vorgänge auf der Golzheimer Heide (Düsseldorf) reden eine ernste Sprache, und der neuste Flugplatz der Marine in Putzig (Danzig) wird sich auch noch bewähren müssen. Daß auf ihm sehr starke und böige Winde wehen, ist den Meteorologen bekannt gewesen, die aber nicht gefragt wurden.

Professor Dr. Prandtl - Göttingen.

Zum besseren Verständnis der Vorgänge, die die Böigkeit des Windes (Turbulenz) in der Nähe des Erdbodens hervorrufen, möchte ich dieses hier ausführen. Wie schon Herr Linke erwähnt hat, ist wegen der Reibung des Windes am Erdboden die Windgeschwindigkeit in den unteren Luftschichten geringer, wie in den oberen (vgl. Fig. 2). Treten nun zur wagerechten Windbewegung unregelmäßige Vertikalbewegungen hinzu, die durch ungleiche Erwärmung der Luftmassen oder aber durch Unebenheiten des Erdbodens verursacht werden, so werden dadurch rascher bewegte Luftmassen nach unten, und langsamer bewegte nach oben geführt, was für einen auf gleicher Höhe bleibenden Beobachter den Eindruck einer fortwährend wechselnden Windgeschwindigkeit hervorbringt. Es ist nach dem Gesagten ersichtlich, daß alle Umstände, welche die Vertikalbewegungen begünstigen, also starke Erwärmung des Bodens, unebenes Gelände usw., auch die Böigkeit des Windes erhöhen werden, und daß umgekehrt solche Umstände, die dem Vertikalaustausch hinderlich sind, wie z. B. die Temperaturumkehr durch nächtliche Ausstrahlung, die Turbulenz fast zum Verschwinden bringen können.


Fig. 2.

Ich möchte noch erwähnen, daß sich, wie ich kürzlich beim Studium der Geschwindigkeitsverteilung in Rohrleitungen feststellen konnte, in der Nähe der Rohrwandung Geschwindigkeitsschwankungen vollziehen, die unverkennbare Ähnlichkeit mit den Stößen eines böigen Windes haben. Es ist zu hoffen, daß ein genaueres Studium der Turbulenz in Rohrleitungen auch für die Frage der Böigkeit des Windes wertvolle Aufschlüsse liefern wird.

Eine zweite Bemerkung bezieht sich auf die Frage der Luftlöcher. Ich glaube, daß neben der von Herrn Euler geschilderten Art von Luftlöchern, bei der es sich um Unterschiede in der wagerechten Luftgeschwindigkeit handelt, und die sicher von großer Bedeutung ist, auch der Fall wohl zu beachten ist, daß das Flugzeug in einen absteigenden Luftstrom gerät. Ursache zu solchen auf- und absteigenden Luftströmen bietet häufig die ungleiche Geländebeschaffenheit (ein Nebeneinander von Land und Meer, von Sandflächen und Wald usw.), die bei der Sonnenbestrahlung eine ungleiche Erwärmung der untersten Luftschichten ergibt. Wieso die verhältnismäßig geringen Temperaturunterschiede imstande sind, senkrechte Bewegungen von sehr merklicher Stärke auszulösen, die auch zu ziemlich großen Höhen hinaufreichen können, dafür mag die Luftbewegung in einem Schornstein ein Beispiel abgeben.

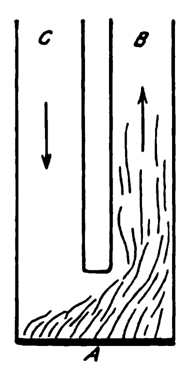
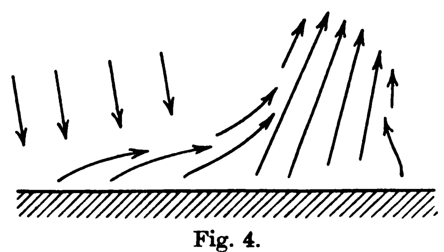


Fig. 3.


Fig. 4.

Bei A (Fig. 3) erwärme sich die Luft an einer heißen Fläche. Ist einmal die Bewegung in der Richtung nach B eingeleitet (etwa durch eine etwas stärkere Erwärmung auf der rechten Seite), so wird alle warme Luft in dem Kanal A B aufsteigen, während A C von der nachdringenden kalten Luft angefüllt wird, und es wird, solange die Erwärmung bei A andauert, eine kräftige Luftströmung in der Richtung C A B bestehen bleiben. Die Verhältnisse über einem ungleichförmig erwärmten Gelände haben damit viel Ähnlichkeit. Nachdem erst über der am meisten erwärmten Stelle das Auftsteigen begonnen hat, werden alle benachbarten aufsteigenden Ströme nach dieser Stelle hingesaugt und schließen sich zu einem einzigen kräftigen Strome zusammen, der deshalb bis zu großen Höhen merklich sein kann (vgl. Fig. 4). In den Zwischenräumen zwischen den aufsteigenden Luftströmen müssen dann absteigende Luftströme vorhanden sein; diese werden nach dem Gesagten vorwiegend über den weniger erwärmten Stellen zu finden sein.

Geheimer Regierungsrat Barkhausen - Hannover.

Sir Benjamin Baker hat nach den in den Flußtrichtern an der Ostküste Schottlands gemachten Erfahrungen in die Berechnung der Forthbrücken den Fall eingeführt, daß zwei in einem Stützpunkte zusammentreffende Kragarme nebst den anstoßenden Hälften der eingehängten Mittelträger von rund 200 m breiten Windbändern entgegengesetzter Richtung als von einem Wirbel von 400 m Durchmesser getroffen werden, dessen lotrechte Achse in die Mittellinie fällt. Derartige Windverhältnisse werden in jenen Gegenden also vorkommen.

Geht nun ein Flugzeug aus dem ihm entgegenkommenden Windbande in das dicht daneben liegende entgegengesetzter Richtung durch Schrägflug über, so tritt einer der von Herrn Euler erwähnten Fälle ein. Erst folgt der Windauftrieb aus der Summe, wenige Sekunden darauf aus dem Unterschiede der Geschwindigkeiten des Flugzeuges und des Windes, so daß plötzlich ein großer Teil des Auftriebes verloren geht; das Flugzeug gerät in ein Luftloch.

Dr. Kölzer, Einjährig-Freiwilliger (Luftschiffer-Bataillon 3), Cöln.

1. Zum Punkt „Turbulenz" ist zu erwähnen, daß die Änderungen sich in so kurzen Zeitintervallen vollziehen, daß ihre Einwirkungen auf den Flugapparat, wenn sie nicht bedeutende Werte erreichen, ohne Einfluß bleiben. Dagegen ist das Anschwellen der Windgeschwindigkeit innerhalb einiger Sekunden von großem Einfluß. Diese können aber sehr wohl mit Rotations-Registrieranemometern erfaßt werden, wenn man nur die Anzahl der Rotationen, nach denen ein Kontakt erfolgt, verkleinert und die Rotationsgeschwindigkeit der Trommel vergrößert.

2. Zum Punkt „Luftlöcher" haben die Ausführungen von Herrn Professor Prandtl als eine wichtige Ursache durch meine Beobachtungen Bestätigung gefunden; diese thermischen Differenzen sind weniger für Flugmaschinen als vielmehr für Lenkballone, namentlich bei der Landung und beim Aus- und Einbringen in die Halle, wichtig. Sie können immerhin zu stärkerem thermischen Gradienten Veranlassung geben, wenn man die Tabelle aus dem Lehrbuch von Herrn Professor Hann für Erdbodentemperaturen zum Vergleich heranzieht. An einem mittleren Sommertag beträgt die Temperatur von

	Luft	Granit	Sandheide	Moorwiese
im Mittel	16,1°	ca. 23°	20,8°	16,4°
im Maximum . . .	22,2°	„ 34°	ca. 42°	ca. 27°
Schwankung in 60 cm Tiefe	—	1,3°	0,1°	0,1°

Daraus geht hervor, daß auf eng begrenztem Gebiet große thermische Unterschiede der dem Erdboden anliegenden Luftschichten auftreten können. Die zweite Ursache für die Bildung der Luftlöcher ist in 2 Punkten von Herrn Euler angeführt worden. Ein 3. Punkt muß erwähnt werden, daß nämlich auch in gleicher Höhenlage und ohne Wendungen für den Flugzeugführer die Empfindung von Luftlöchern auftreten kann. Diese erklären sich so, daß die von Herrn Euler als Beispiel angenommene Windgeschwindigkeit von 50 km Stunde ja auch nicht gleichmäßig auftritt, sondern innerhalb einiger Sekunden Schwankungen von beispielsweise 30—70 km/Stunde erreichen kann. So ist also auch durch die Druckveränderung auf die Unterseite des Apparates in horizontaler Richtung die Schwankung zu erklären, die durch die verschiedene Beschaffenheit der Erdoberfläche durch thermische Einflüsse erheblich verstärkt werden muß.

Professor Dr. Polis - Aachen.

Als Beispiel für örtliche Windbewegungen sollen die auf der Golzheimer-Heide namentlich in der Sommerzeit auftretenden Luftbewegungen behandelt werden: Diese äußern sich in einer periodischen Verstärkung während der wärmsten Tages-

stunden, obschon an anderen Orten dann der allgemeinen Wetterlage entsprechend Windstille herrscht. Auch werden sie dazu beitragen, die Häufigkeit der West- und Nord-Winde zu vermehren, da die Luftbewegung — der ungleichen Erwärmung der Luftmasse über der Golzheimer Heide und dem Rheine — auch vom Rheine nach der Heide geht. Wärmegegensätze in der Vertikalen, besonders dann, wenn kältere schwerere Luftmassen über wärmeren leichteren liegen, bedingen örtlich auftretende Böen, die die Strandung der beiden Z-Schiffe am 16. Mai 1911 und 28. Juni 1912 herbeiführten, obgleich nach der allgemeinen Wetterlage die Bedingungen zur Bildung von Böen nicht gegeben waren und keine größeren Böen an jenen Tagen in Westdeutschland beobachtet wurden. Zweckmäßig wären daher über Luftschiff- und Flugplätzen Messungen der Temperatur in der freien Atmosphäre, um hiernach die Temperaturschichtung zu beurteilen. — Redner erwähnt schließlich noch die Messung der Windgeschwindigkeit durch die Petitröhre, bei welcher die einzelnen Luftstöße auf eine sehr empfindliche, schwingende Membran geleitet werden, ein Apparat, der unlängst von Dr.-Ing. Brandis - Aachen konstruiert wurde, und mit dem Versuche am Aachener Observatorium angestellt wurden; der Apparat wird zu Registrierzwecken umgebaut.

Professor Dr. von dem Borne - Breslau.

Von vornherein wäre zu erwarten, daß aus den Aufzeichnungen eines Anemographen mit umlaufenden Organen (Windrad, Schalenkreuz) sich die jeweilige momentane Windgeschwindigkeit ebensogut ableiten ließe wie aus denen eines nach dem manometrischen Prinzip arbeitenden Instrumentes.

In Wirklichkeit zeigt sich, daß die Theorie der umlaufenden Instrumente außerordentlich schwierig, jene der Winddruckschreiber aber sehr einfach ist. Nur aus den mit letzteren gewonnenen Diagrammen läßt sich die tatsächliche Windgeschwindigkeit wirklich ableiten. Auch ist es nur bei ihnen möglich, je nach Wunsch die rasch oder die langsam verlaufenden Anteile der Windstruktur bereits im Diagramm hervorzuheben. Sie allein sind für unsere Zwecke brauchbar.

Einen Apparat zur Aufzeichnung des vertikalen Anteils der Windbewegung in Erdnähe habe ich in Arbeit und hoffe die Beobachtungen mit ihm demnächst beginnen zu können.

Professor Dr. Süring - Potsdam.

Die Wichtigkeit und Brauchbarkeit des Staurohres kann ich auch auf Grund meiner Messungen bestätigen. Allerdings darf man nicht von einem Instrument alles verlangen, sondern man wird verschiedene Apparate benutzen müssen, je nachdem man die „Struktur" des Windes in allen Einzelheiten oder die Windschwankungen im Laufe eines längeren Zeitraumes, z. B. eines Tages verfolgen will. Für den letzteren Zweck habe ich Geschwindigkeitsmessungen und -registrierungen teils auf dem Turm des Meteorologischen Observatoriums auf dem Telegraphenberge bei Potsdam — 40 m über dem Boden —, teils am Fuße dieses Hügels 10 m über dem Boden vorgenommen. Der Apparat gleicht im Prinzip der von Dines eingeführten Konstruktion, als Aufnahme-Apparat ist jedoch ein Brabbée - Staurohr, das durch eine leichte Windfahne eingestellt wird, benutzt; ferner sind an dem registrierenden

Flüssigkeits-Manometer einige Verbesserungen angebracht. Apparat und Registrierproben befinden sich in der hiesigen Ausstellung.

Natürlich ist der Wind an der höheren und freieren Aufstellung viel stärker und unruhiger als unten; von den besonderen Ergebnissen will ich hier nur eins aufführen, das in enger Beziehung zu den Aßmannschen Ausführungen über starke Vertikalbewegung an der Grenze von Stabilitätsschichten steht. Bricht eine Windböe in eine ziemlich ruhige Luftschicht ein, so springt der Wind an der unteren Station manchmal viel pötzlicher an als an der oberen, bereits vorher leicht bewegten Luftmasse. Am 1. November d. J. trat unter Windstille ein Windsprung von 7 m/sec ein, während oben kaum die Hälfte registriert wurde. Der Flieger muß also gerade am oberen Rande stabiler und deshalb zum Fahren besonders geeigneter Schichten auf plötzliche Störungen gefaßt sein.

Ferner verdient m. E. auch die Unstetigkeit der Windrichtung Beachtung. Meist wird angegeben, daß der Wind durchschnittlich um so gleichmäßiger wird, je stärker er weht. Am Potsdamer Meteorologischen Observatorium hat Herr Dr. Barkow die stündlichen Windrichtungs- und Geschwindigkeitsschwankungen untersucht. Die stündliche Richtungsschwankung ist charakterisiert durch die Breite der registrierten Kurve, die Stärkeschwankung durch den Quotienten aus Maximum und Minimum der stündlichen Geschwindigkeit, und es ergab sich dabei, daß im Durchschnitt mit zunehmender Geschwindigkeit zwar die Stärkeschwankungen abnehmen, daß aber die Richtungsschwankungen sogar größer werden. Lokale Einflüsse sind hier wahrscheinlich nicht sehr erheblich, und es ist daher der häufige Wechsel der Windrichtung für die Erklärung der Turbulenz in stärker bewegter Luft auch zu berücksichtigen.

Schließlich bin ich von dem Direktor des Königl. Preußischen Meteorologischen Instituts, Herrn Geheimrat Hellmann, ermächtigt, zu bemerken, daß Herr Geheimrat Hellmann mit der Errichtung eines Anemometerversuchsfeldes bei Nauen auf dem Gelände der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie begonnen hat, und daß er bereit ist — soweit die Örtlichkeit es erlaubt — auch bei etwaigen Arbeiten der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik mitzuwirken. Durch den Neubau des Funkenturms hat sich der Beginn der Windregistrierungen in größeren Höhen verzögert; zur Zeit sind Schalenkreuzanemographen in 2, 16 und 32 m Höhe über dem Boden und eine registrierende Windfahne aufgestellt.

Dipl.-Ing. Hoff - Straßburg i. E.

Herr Euler hat hauptsächlich auf den Wechsel der Geschwindigkeit hingewiesen, welcher am Flugplatz fühlbar wird, und damit das plötzliche Steigen und Fallen des Flugzeuges erklärt. Es kommt aber zur Geschwindigkeits- auch die Richtungsänderung des Windes hinzu. Hierdurch wird die Tragfähigkeit des Flugzeuges ebenfalls beeinflußt, wie aus der Beziehung hervorgeht:

$$G = \zeta_A \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot F \cdot v^2,$$

da ζ_A, wie bekannt, eine Funktion des Lufteinfallswinkels ist.

Oberingenieur Hirth - Johannisthal.

Ich habe vom Flugzeug aus verschiedenartige Luftströmungen beobachten können, und erkläre mir die Entstehung der einzelnen Störungen folgendermaßen:

Das Flugzeug steigt bei starkem gleichmäßigen Winde auf; nun machen sich außer Verlangsamung der Geschwindigkeit zur Erde bei Gegenwind, Vergrößerung bei Rückenwind und der entsprechenden Folgen, bei Seitenwind keine unangenehmen Störungen geltend. Das Flugzeug erreicht eine gewisse Höhe, und bei einem Geplänkel, ich möchte sagen Präludien zu einer kommenden Böe, findet man leichte Schwankungen und Stöße, die sich steigern, um daraufhin wieder abzunehmen.

Das Flugzeug klettert weiter 50—500 Meter; nun machen sich zwischen 20 und 100 Meter immer wieder derartige Störungen bemerkbar. Der beobachtende Flugzeugführer weiß, daß er von einer bestimmten Windrichtung in eine anders gerichtete Luftstströmung übergegangen ist; die Böen die entstehen, tragen keinen bösartigen Charakter. Dies zur Turbulenz.

Windstöße konnte ich hauptsächlich in der Nähe der Erdoberfläche, bedingt durch Bodenunebenheiten, feststellen, sowie sehr heftige Böen bei Gewitterstörungen, in größerer Höhe, je nach der Windstärke und den Erdhindernissen, bis 800 Meter Höhe bemerkbar, von dort ab keine Böen durch Windstöße mehr.

Fallböen oder Luftlöcher entstehen erstens durch Erdhindernisse immer auf der dem einfallenden Winde entgegengesetzten Seite, und zwar sind diese die unangenehmsten, besonders wenn das Flugzeug gegen den Wind fliegt. Ein Beweis hierfür ist mir in einer derartigen Fallböe die Wirkungslosigkeit der Steuer, bis das Flugzeug wieder seine Normalgeschwindigkeit angenommen hat.

Luftlöcher und Fallböen heftiger Art entstehen auch bei Sonnenstrahlung, erstens durch aufströmende warme Luft, aber auch durch Wasserdampf, der anscheinend nicht gleichmäßig aufsteigt, sondern sich zu einem Kamin ansammelt. Als Beispiel führe ich an: den Waldkomplex in der Nähe des Wannsees, den ich häufig überflogen habe. Selbst bei verschiedenster Windrichtung, immer ungefähr an derselben Stelle, die dem Mittelpunkt des Waldes entsprach, nur von dem herrschenden Winde mitgenommen, konnte ich jedesmal auf eine Böe rechnen, die eigentümlicherweise in einer Höhe von 800 Meter stärker wirkte als in einer Höhe von 400 Meter In dieser Höhe hatte ich den Eindruck, als ob der Kamin erst in der Bildung begriffen sei. Die Beobachtungen wurden bei sehr wenigem Wind, nicht über 2 Sekundenmeter, gemacht.

Von Luftströmungen die schräg zur Erde gehen und anscheinend in derselben verschwinden sollen, habe ich nie etwas verspürt. Im Gegenteil, ich fand in der Nähe des Bodens alle Böen schön zerbrochen, so daß ich mir die Wirbel am Boden vorstelle wie die Brandung der Meereswellen am Ufer.

Nur die eine Art der Böen, bei der die Steuerung wirkungslos wird, kann, wenn das Flugzeug sich in niedriger Höhe befindet, ein Durchfallen bis auf den Boden hervorrufen.

Professor Wachsmuth - Frankfurt a. M.

Der Unterausschuß für Meßwesen nimmt aus der Versammlung eine große Zahl von Anregungen zum Ausdenken neuer Apparate mit. — Die Anschauungen

des Herrn Euler werden sich vielleicht durch eine registrierende Stauscheibe auf der Unterfläche eines Flugzeugs prüfen lassen. Voraussetzung ist, daß gegen die Bestimmung der Eigengeschwindigkeit von Luftfahrzeugen mittels geeigneter und an geeigneter Stelle angebrachter Stauröhren keine Bedenken bestehen.

Professor Baumann - Stuttgart.

Was ich zu dem in Rede stehenden Thema sagen wollte, hat mir im großen und ganzen Herr Euler vorweggenommen. Nur auf eine Folgerung möchte ich noch hinweisen, die sich aus dem, was Herr Euler vortrug, im Zusammenhang mit der Tatsache ergibt, daß die Windgeschwindigkeit im allgemeinen in Bodennähe abnimmt. Es ergibt sich aus diesem Zusammenhang, daß man in ein Luftloch der Eulerschen Art kommen kann, wenn man einen Gleitflug gegen den Wind ausführt. Daraus wäre zu folgern, daß man ein solches Luftloch in normalen Fällen und wenn nicht andere Umstände dagegensprechen, vermeidet, indem man den Gleitflug mit dem Wind ausführt, wobei dann aber natürlich trotzdem die Landung selbst zweckmäßig gegen den Wind erfolgen sollte.

Im übrigen konstatiere ich, daß der Ausdruck „Luftloch" ebensowenig einheitlich aufgefaßt wird wie der Ausdruck „Böe". Unter Böe ist heute hier fast durchweg eine vertikale Luftbewegung zu verstehen gewesen, während der allgemeine Sprachgebrauch eine Schwankung der Windgeschwindigkeit in der Horizontalen mit dem Ausdruck Böe bezeichnet. Über die Entstehung der Böe in letzterem Sinne möchte ich mir eine Andeutung erlauben, ohne Anspruch auf meteorologische Spezialkenntnisse zu machen. Wenn ich aber an die Entstehung der Luftwirbel und ihre reihenweise Anordnung hinter einem Hindernis denke, die uns Herr von Kàrmán s. Z. in Göttingen in so schöner Weise vorführte, wobei also diese Wirbel eine drehende und zugleich fortschreitende Bewegung ausführen, und wenn ich mir dann andererseits die vielgestaltigen unregelmäßigen Hindernisse an der Erdoberfläche vorstelle, womit auch die Anordnung der Wirbel unregelmäßig wird, so scheint es mir mehr als wahrscheinlich, daß eine Böe fühlbar wird, wenn wir in einen solchen Teil eines Wirbels geraten, bei dem die tangentiale Bewegung des Wirbels mit der fortschreitenden zusammenfällt, und daß eine fast vollständige scheinbare Windstille vorübergehend eintreten kann, wenn der umgekehrte Fall vorliegt.

Schnetzler - Frankfurt a. M.

Zum Thema „Luftloch" möchte ich noch bemerken, daß man 2 Arten von Luftlöchern unterscheiden muß:

1. solche, bei denen dem Flugzeug seine Tragfähigkeit genommen wird durch Einfliegen in ein Bereich einer anderen horizontalen Windrichtung. Die Bemannung hat die Empfindung, zu fallen, da ihre Körper wie der Apparat nur der Schwerebeschleunigung folgen.

2. solche, bei denen dem Apparat durch vertikale Winde eine größere als die Fallbeschleunigung erteilt wird. Die Bemannung hat das Empfinden, daß der Apparat ihnen unter dem Sitz weggezogen wird.

Es ist klar, daß diese beiden Arten nie ganz scharf getrennt sein werden, schon deshalb, weil die Windströmungen nur selten genau horizontal oder vertikal ge-

richtet sein werden. Immerhin wird die aerodynamische Erkenntnis dieser Unterschiede dem Flugzeugführer zur Beurteilung der Lage sehr zu statten kommen.

Dr. Linke - Frankfurt a. M. (Schlußwort).

1. Als wichtigstes Ergebnis ergibt sich folgende Unterscheidung der „Luftlöcher“:

I. Art: Windsprünge,
II. Art: Thermische Fallböen,
III. Art: Gebirgsböen.

2. Es kann angenommen werden, daß innerhalb 200 m in vertikaler und horizontaler Richtung Unterschiede der relativen Windstärke von 10 m/sec vorkommen. Flugzeuge können also in ca. 5 Sekunden solche Windsprünge antreffen.

3. Es ist angeregt worden, in den Veröffentlichungen der Pilotballonmessungen nicht nur die Windgeschwindigkeit und Windstärke, sondern auch die Höhenlagen der Luftschichtungen anzugeben.

Zur Physiologie und Pathologie der Luftfahrt.

Richtlinien für die Tätigkeit des Medizinisch-Psychologischen Ausschusses.

Von

Prof. **Friedländer**, Hohe Mark bei Frankfurt a. M.

Ew. Königliche Hoheit! Meine hochverehrten Damen und Herren!

Manche von Ihnen werden sich fragen, welche Bedeutung ein medizinisch-psychologischer Arbeitsausschuß für die Flugtechnik besitzen könnte. Diese in möglichst gedrängter Form nachzuweisen, ist der Zweck meines Referates.

Seine Existenzberechtigung hat derselbe nicht erst nachzuweisen, denn seit dem Bestehen der Aeronautik und Aviatik haben sich Physiologen, Ärzte und Psychologen von ihrem speziellen Standpunkte aus mit den in Betracht kommenden, völlig neuartigen Fragen beschäftigt. Nicht uninteressant ist die Tatsache, daß, unabhängig voneinander und fast zu gleicher Zeit, Angehörige verschiedener Staaten, jedoch des gleichen Berufes darauf hingewiesen haben, daß die zahlreichen Unglücksfälle, welche insbesondere die Aviatik im Gefolge hatte, durchaus nicht allein auf Rechnung von Konstruktionsfehlern der Apparate, auf die jeweilige Wetterlage usw., sondern in sehr beachtenswerter Weise auf den physischen und psychischen Zustand des Fliegers zurückzuführen sind. Dies waren in Österreich Hermann von Schrötter, in Frankreich Cruchet und Moulinier, in Deutschland der Referent.

Diese Tatsache, welche unserem Hohen Vorsitzenden, der bekanntlich selbst Flugpilot ist, nicht verborgen blieb, und Höchstdessen praktische Erfahrungen, die meinen theoretischen Überlegungen eine wertvolle Stütze boten, waren unter anderem für Seine Königliche Hoheit bestimmend, Vertreter der ärztlichen Kunst zur Mitarbeit in unserer Gesellschaft heranzuziehen. Welchen Wert diese besitzt, ist, um nur ein Beispiel zu nennen, daraus zu ersehen, daß es Roland Garros nicht gelungen wäre, sich auf 5000 m zu erheben, wenn er nicht, dem Rate von Schrötters folgend, eine Sauerstoff-Flasche mitgenommen hätte.

Was die obenerwähnten zahlreichen Unglücksfälle betrifft, so ist es eine Pflicht des objektiven Referenten (nicht nur, um übertriebene Ängstlichkeit, welche der

Erreichung großer Ziele am hinderlichsten ist, auszuschalten), darauf hinzuweisen, daß die Zahl der Unglücksfälle bereits im Abnehmen begriffen ist. Seit dem Jahre 1908, in dem die ersten größeren Flüge ausgeführt wurden, bis zum 1. Oktober 1912 forderte das Flugwesen mehr als 200 Opfer. Von diesen entfallen auf Frankreich 57 (26 Militärs); Deutschland 42 (14 Militärs); Amerika 30; England 22; Italien 15; Österreich-Ungarn, Schweiz und Rumänien je 3; der Rest verteilt sich auf Peru, Brasilien und Australien. Betrachten wir aber die Unglücksfälle im Vergleiche zu den Gesamtleistungen, so finden wir, daß in Frankreich auf 20 Militärflieger im zweiten Halbjahre 1911 9 Todesfälle kamen bei einem zurückgelegten Luftwege von 300 000 km, also je ein Todesfall auf 33 000 km und je einer auf 13 Flieger. Im ersten Halbjahre 1912 dagegen war die Zahl der Flieger in Frankreich auf 250 und der von ihnen zurückgelegte Luftweg auf 650 000 km gestiegen; die Zahl der Todesfälle blieb die gleiche, so daß je ein Todesfall auf 72 000 km und auf 28 Flieger kam.

Das Hauptbestreben der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik wird darauf gerichtet sein, durch ein intensives Studium aller in Betracht kommenden Fragen den Sicherheitskoeffizienten zu erhöhen, die Gefahren des Flugwesens zu verringern. Für die ärztlichen Bestrebungen gilt der Satz, daß Vorbeugen leichter als Heilen sei. Diesen können wir ohne weiteres auch auf das Flugwesen übertragen: die Erforschung der Ursachen der Unglücksfälle wird uns mehr und mehr die Mittel, sie zu verhüten, an die Hand geben.

Wenden wir uns der Frage zu, ob es eine besondere Krankheit gibt, welche wir als Fliegerkrankheit bezeichnen dürfen im Sinne der oben zitierten Autoren, so sind die Ansichten der verschiedenen Beobachter hierüber geteilt. Einig aber sind sich alle diejenigen, welche Gelegenheit hatten, die in Betracht kommenden Erscheinungen zu studieren, daß die Luftfahrer eine Tätigkeit ausüben, die unter so besonderen Umständen vor sich geht, daß sie auch eines besonderen Studiums und besonderer Berücksichtigung bedürfe. Wir werden bei der Besprechung der physiologischen und pathologischen Verhältnisse hierauf zurückkommen, jedenfalls wollen wir aber im folgenden die Bezeichnung „Fliegerkrankheit" der Kürze halber beibehalten und weiteren Auseinandersetzungen im Kreise der Flieger und der Ärzte überlassen, ob diese zur Beibehaltung dieser Krankheitsbezeichnung gelangen, beziehungsweise sich auf dieselbe einigen. Außerordentlich zahlreiche, wissenschaftlich exakt durchgeführte Beobachtungen auf anderen Gebieten erleichtern uns die klinische Umgrenzung der Fliegerkrankheit; das sind die bei Hochtouren und Hochfahrten im Ballon gemachten Beobachtungen. Allgemein bekannt ist die Bergkrankheit. Sie ist bereits im Jahre 1596 durch I. de Acosta nach den von ihm gemachten Wahrnehmungen in den peruanischen Anden in die Wissenschaft eingeführt worden (zitiert nach von Schrötter in seiner ausgezeichneten „Hygiene der Aeronautik und Aviatik"). An dieser Stelle gehe ich auf die Bergkrankheit nur so weit ein, als sie uns behilflich ist, die folgenden Ausführungen zu verstehen und zu stützen. Der Bergsteiger, der eine gewisse Höhe erklommen hat, kann von Zuständen befallen werden, die mit der normalen physiologischen Ermüdung, wie sie nach schweren Anstrengungen auftritt, nichts mehr gemein hat. Mehr oder minder plötzlich treten Erregungs-, Angstzustände, welche

sich bis zu dem sogenannten Vernichtungsgefühle steigern können, auf, oftmals abgelöst oder begleitet von Störungen des Gedächtnisses, der Entschlußfähigkeit, die Apperzeption, Assoziation bis zur völligen Apathie. (Einige Beispiele werden das Gesagte am besten erläutern: Bei einer Ortlerbesteigung ging ein Bergsteiger einem anderen voraus. Der erstere wurde plötzlich von einem Anfalle von Bergkrankheit ergriffen. In sinnloser Erregung stürzte er zurück und auf den ihm nachfolgenden. Es entspann sich zwischen den beiden Männern ein Kampf, in welchem der Angegriffene nur infolge seiner ungewöhnlichen Körperkraft Sieger blieb. Ins Tal hinuntergebracht, kehrte der normale Zustand bei dem Betreffenden fast augenblicklich zurück. — Ein sehr geübter Hochtourist, der in den Dolomiten schwere Kletterpartien ausgeführt hatte, unternahm gegen meinen Rat ohne vorhergegangene Trainings die Besteigung eines Berggipfels in den Walliser Alpen. Nach kaum sechsstündigem Steigen klagte er über Mattigkeit, Übelbefinden, Schwindel und Unfähigkeit, weiter zu gehen. Ohne auf unsere Gegenrede zu achten, legte er sich sofort auf den Boden und beschwor den Führer und mich, ihn da liegen zu lassen. Fast augenblicklich fiel er in einen tiefen Schlaf, aus dem er nach etwa einer Stunde frisch erwachte. Von wie großer Bedeutung der Allgemeinzustand, unter dessen Herrschaft man eine Bergbesteigung unternimmt, seine kann, erlebte ich selbst, als ich einen Berg von 4200 m bestieg, der keinerlei Schwierigkeiten darbietet, sie für mich umso weniger darbieten konnte, als ich weit schwierigere Hochtouren ausgeführt hatte. Auf einer Höhe von 3600 m überfiel mich plötzlich tiefe Depression und eine derartige Schlafsucht, daß ich eine Zeitlang mit geschlossenen Augen — am Seil — mehr gezogen wurde als ging. Durch tiefe Atemzüge und Aufbietung aller Energie gelang es mir, den Zustand zu überwinden. Ich bin jedoch überzeugt, daß diese Bergbesteigung, wenn sie führerlos unternommen worden wäre, schlecht geendet hätte. Ursache: Ich hatte mehrere Nächte vorher schlecht, die letzte Nacht in der Hütte infolge der darin herrschenden Unruhe überhaupt nicht geschlafen.

Die Bergeshöhe bedeutet für die Äußerungen unseres Lebens sicherlich nicht bloß eine Sauerstoffabnahme, worauf in jüngster Zeit Widmer mit Recht hingewiesen hat. Auch die Ermüdung als solche spielt nicht mehr als eine unterstützende Rolle, in manchen Fällen gar keine; denn die Symptome der Bergkrankheit können zu einer Zeit auftreten, da überhaupt keine Ermüdung, jedenfalls aber keine Übermüdung, stattgefunden hat. Die Erklärung für die Bergkrankheit liegt hauptsächlich in der Annahme von psychischen Faktoren. Widmer drückt diese Tatsache, meinem Empfinden nach am besten, aus, indem er sagt: „Je höher du steigst, je mehr du dich zugleich ermüdest, desto mehr brauchst du immer tiefere, immer eigenere Vorstellungen, die deine Anstrengung und Mühe als Erklärung und Stütze und Trost begleiten, immer wärmere, persönlichere Aufmunterung.“ Gelingt dies dem Bergsteiger nicht, so kommt es zu einer Dissoziation der Vorstellungen, zu einer vorübergehenden psychischen Alteration, zu den Erscheinungen der Bergkrankheit.

Manche Flieger bestätigen, sofern sie gewohnt sind, sich psychologisch zu analysieren, diese Ansichten, welche sich auf die Bergkrankheit beziehen, vollinhaltlich bezüglich ihrer Wahrnehmungen beim Fliegen.

Anders liegen die Verhältnisse bei der sogenannten Höhenkrankheit, welche auftreten kann bei der Erreichung bestimmter Höhen mittels einer Bergbahn oder mittels des Luftballons. Wir können uns hier kurz fassen, indem wir auf die zahlreichen eingehenden Beobachtungen von Autoren wie Flemming, von Schrötter, Aßmann, Zuntz und anderen hinweisen. Wenn auch hier psychische Momente nicht völlig ausgeschlossen sind, so spielen dieselben jedenfalls eine weit geringere Rolle; keine Rolle dagegen spielt Muskelanstrengung, also Ermüdung. Die wichtigste Rolle spielt — dies kann heute wohl als sichergestellt angesehen werden — die Luftverdünnung, der Sauerstoffmangel, die Hyp- oder Anoxybiose der Gewebe, worin ich von Schrötter durchaus beistimme.

Ich hatte mehrfach Gelegenheit, bezügliche Beobachtungen bei Fahrten in der Jungfraubahn anzustellen. Die betreffenden Personen (es war wohl ein Zufall, daß es sich nur um Damen handelte) stiegen in der Station Scheideck, welche über 2000 m hoch liegt, aus Grindelwald oder Lauterbrunnen kommend, welche Orte 1000 und weniger m hoch liegen, frisch in den Zug, um, je näher sie der Station Eismeer beziehungsweise Jungfraujoch (3000 m und mehr) kamen, über Kopfschmerz, Übelkeiten, Mattigkeit zu klagen, welche Zustände bei der Talfahrt allmählich schwanden.

Diese Erscheinungen erreichen höhere Grade und können, wie wir aus traurigen Beispielen wissen, zum Tode führen bei Hochfahrten im Ballon. Die Höhe, die ohne besondere Vorkehrungen beschwerdefrei nicht überschritten werden kann, liegt zwischen 4500 und 5500 m. Sprechen wir also in diesem Sinn von „Hochfahrten", so sind Ballonaufstiege gemeint, die über die Grenze von 5000 m emporführen (Linke u. a.).

Kann der Balloninsasse unter krankhaften Störungen gelitten, kann er je nach seiner Individualität und den obwaltenden Umständen unangenehme Empfindungen seitens der Augen (durch die Lichtstrahlung), durch die Trockenheit der Luft; durch ihre elektrische Ladung; durch die Kälte; seitens des Gehörorganes schon vorher verspürt haben, so treten diese Beeinträchtigungen alle oder zum Teil und weit ernstere regelmäßig auf, wenn die oben angegebene Höhe überschritten wird. Es kommt zu körperlicher und geistiger Erschlaffung (jede Bewegung verursacht Mühe, das Heben eines Sandsacks führt zu Schwindel, der Aeronaut vermag sich nicht zu konzentrieren, die Bedienung der Apparate wird ihm schwer oder unmöglich), zu Übelkeit und Erbrechen, zu unüberwindlicher Schlafsucht. Steigt er höher, so nimmt die körperliche Schwäche zu, die Beine sind wie gelähmt, die Tätigkeit der Sinnesorgane wird immer eingeengter, die Atmung und Herztätigkeit wird schwächer (wobei jedoch keine Erstickungsgefühle vorhanden sind), es kommt zur Bewußtlosigkeit und — wenn keine Hilfe geleistet oder der Ballon nicht tiefer geführt wird — zum Tode. Alle diese Erscheinungen sind, wie Bert nachgewiesen hat, auf den Sauerstoffmangel zurückzuführen; auf die von von Schrötter und Zuntz weiter ausgebaute Lehre, die heute wohl allgemein anerkannt ist, kann ich hier nur mit wenigen Worten eingehen.

Der Sauerstoffmangel macht sich als einer der physischen Faktoren der Bergkrankheit im Hochgebirge früher bemerkbar, daß heißt schon in geringeren Höhen, weil die Muskelarbeit (die Ermüdung) noch hinzukommt. Im Ballon beginnt der

Sauerstoffmangel sich bemerkbar zu machen bei 5—6000 m, in größeren Höhen tritt er deutlich und regelmäßig in Erscheinung. „Die Schwelle des Lebens liegt bei etwa 240 mm Barometerdruck, wie auch die traurige Fahrt des Ballons „Zenith" 1871 mit dem Tode der beiden Aeronauten Sivel und Crocé-Spinelli gezeigt hat." (von Schrötter.) Der dritte Teilnehmer Tissandier blieb dauernd taub.

Daß von Einzelnen, die hierzu besonders geeignet waren oder denen eine Anpassung (Akklimatisation) gelang, bedeutende Bergeshöhen erreicht wurden, darf als bekannt vorausgesetzt werden. (Miß Peck kam bis zu 6760, der Herzog der Abruzzen bis zu 7493 m Bergeshöhe.)

Die Erscheinungen der Bergkrankheit wie die bei Hochfahrten wurden auf die Luftverdünnung zurückgeführt. Diese Annahme ist falsch. Das die Gesundheit und sogar das Leben bedrohende Moment bei Hochfahrten liegt in dem Sauerstoffmangel. Die Dichte des Sauerstoffs ist das für unsere ungestörte Atmung, für die Erhaltung des Lebens wichtige Moment. Der Sauerstoff ist im Blute an das Hämoglobin (das ist der Farbstoff der roten Blutkörperchen) gebunden. Den für die Atmung nötigen Sauerstoff nehmen wir aus der uns umgebenden Luft mit Hilfe der Lungen auf, die sehr dünnwandigen Lungenbläschen lassen den Sauerstoff in die jene Bläschen umgebenden Blutgefäße (Kapillaren) übertreten (Diffusion). Die in unserm Körper vorhandene Kohlensäure hat ihrerseits die Aufgabe, die Verbindung des Sauerstoffs mit dem Hämoglobin zu lockern und dadurch die Diffusion zu erleichtern. Je höher der Kohlensäuregehalt der Gewebe, je geringer dagegen der Kohlensäuregehalt der Luft in den Lungen, je größer also diese Art der Kohlensäurespannung ist, desto stärker wird die Versorgung des Blutes mit Sauerstoff sein. Die Kohlensäure hat die wichtige Funktion, das im verlängerten Rückenmark liegende Atmungszentrum zu erregen. Je stärker die Überlastung des Organismus mit Kohlensäure, desto heftiger die Erregung des Atmungszentrums, desto tiefer und ausgiebiger die Lungentätigkeit.

Wenn wir aber eine ungewohnte Muskelarbeit verrichten, so sehen wir — ohne daß hierbei ein Mehr an Kohlensäure produziert wird —, daß die Atmung ebenfalls vertieft und beschleunigt wird. Der hierfür maßgebende Reiz wird durch die Milchsäure dargestellt, weiche in dem sich ermüdenden Muskel entsteht. Diese Milchsäure wirkt auf das alkalische Blut ein, die Alkaleszenz desselben wird vermindert. Mit der Ansäuerung des Blutes vermindert sich die aufgespeicherte Kohlensäure.

Sauerstoffgehalt und Milchsäureproduktion stehen in einem derartigen Verhältnis zueinander, daß die letztere zunimmt, wenn der erstere abnimmt. Dies ist in gewissen Höhen der Fall; in diesen finden wir daher auch vermehrte Milchsäurebildung, die ihrerseits wieder die Atmung anregt. Jede Arbeit in Höhen, in denen die Sauerstoffmenge des Blutes bereits deutlich verringert ist, führt zu vermehrter Milchsäurebildung in den Muskeln; die Milchsäure wieder erregt das Atmungszentrum. Durch die erhöhte Atemmechanik steigt die Sauerstoffaufnahme. So tritt zu dem normalen Atem-Reiz der Kohlensäure der der Milchsäure (Zuntz).

Reicht der normale Atemmechanismus nicht aus zur Deckung des Sauerstoffbedarfs, so treten die Hilfskräfte (die Auxiliärmuskeln) in Aktion. Die Ermüdungserscheinungen werden sich dann aber auch bald auf diese Muskelgruppen erstrecken.

„In demselben Zustande, wie die ermüdeten Muskeln am Schlusse eines langen Marsches, befinden sich alle unsere Muskeln in stark verdünnter Luft“ (Zuntz, „Zur Physiologie und Hygiene der Luftfahrt“, S. 54). Es ist klar, daß unsere wichtigsten Organe, das Gehirn und das Herz, besonders aber das erstere, schon durch geringere Grade von Sauerstoffarmut vorübergehend oder dauernd geschädigt werden können. Hieraus ergibt sich zunächst, daß ältere Personen und solche, deren Zirkulationsapparat nicht ganz gesund ist (also mit Herzfehlern, Nierenerkrankungen, Arteriosklerose Behaftete) von Hochfahrten auszuschließen sind. Ebenso aber nervöse, die ein labiles Gefäßnervensystem besitzen. Die Vorkehrungen, welche empfohlen werden, um die Atmung normal zu erhalten, die Augen und Ohren zu schützen, dem Einfluß der Kälte zu begegnen usw. haben von Schrötter, Zuntz, Flemming, Crouchet und andere angegeben; auf dieselben einzugehen, würde hier zu weit führen. Sie ersehen aber aus den gemachten Andeutungen und den zahlreichen Zitaten, wie weit in kurzer Zeit bereits Physiologie, Pathologie und Hygiene der Luftfahrt gekommen sind.

Wegen der besonderen Stellung, welche die Aviatik, die Luftfahrt mit Maschinen „schwerer als Luft“ einnimmt, will ich ihr in diesem Referat einen besonderen Abschnitt widmen, wobei ich Gelegenheit haben werde, auf die oben angeführten wissenschaftlichen Untersuchungen der mehrfach genannten Autoren zurückzugreifen und auch andere Ergebnisse ihrer Beobachtungen zu erwähnen.

Wir können den fliegenden Menschen mit dem Vogel nicht vergleichen. Letzterer fliegt mit Hilfe seiner Muskelkraft, ersterer mit Hilfe seines Motors, seiner Flugflächen und seiner Psyche im weitesten Sinne dieses Wortes. Mit dem Flugapparat als solchen befassen sich heute Hunderte von erfahrenen Männern, und unablässig arbeiten sie an seiner Vervollkommnung. Demgegenüber ist die Berücksichtigung der Psyche des Fliegers zu kurz gekommen, und es ist hohe Zeit, daß die Ratschläge jener Männer gehört werden, die nachgeholt haben, was die Flieger selbst (begreiflicherweise, da ihnen die spezielle wissenschaftliche Schulung abging) versäumt haben beziehungsweise nicht wissen konnten.

Unsere Bewunderung muß darum für diejenigen, die gleichwohl den Kampf um die Eroberung der Luft aufnahmen, eine umso bedeutendere, unsere Teilnahme für die in dem „Luftgebiet der Ehre“ Umgekommenen eine unvertilgbare sein.

Diese ersten Piloten taten, was andere nicht wagten, sie bewiesen, daß wir fliegen können. Heute aber wissen wir, wie von Schrötter treffend sagt, daß wir fliegen, daß wir auch in einem Aeroplan 5000 m hoch kommen können; damit sollte die Rekordsucht ihr Ende erreicht haben und die stille Arbeit, das Studium der Aviatik zu ihrem alleinigen Recht kommen. Die Schnelligkeitskonkurrenzen haben auch in der Automobilindustrie so gut wie aufgehört. An ihre Stelle traten die Zuverlässigkeitsprüfungen. Automobile, die 130 km in der Stunde leisten, werden wohl weniger begehrt als solche, die Tausende von Kilometern bei geringerer

Geschwindigkeit ohne Versagen des Motors zurücklegen können. Heute gilt es nicht Luftakrobaten, sondern Flugkünstler und Flugtechniker zu züchten. Das sollte sich vor allem der Mörder „Publikum“ sagen, wie es von der Frau eines Aviatikers genannt wurde, die den Todessturz ihres Mannes mit ansehen mußte, der nur den sensationslüsternen Zuschauern zuliebe bei schwerem Wetter aufgestiegen war.

Welche Momente sind es nun, die für den Aviatiker in besonderer und seiner Kunst allein eigentümlicher Weise in Betracht kommen? Bevor wir diese Frage beantworten, müssen wir die Inanspruchnahme der Organe des fliegenden Menschen berücksichtigen und uns mit ihren Funktionen vertraut machen. Wir besprechen zuerst:

Den Gesichtssinn.

Das Auge vermittelt uns die optischen Eindrücke der Umgebung durch den Sehnerv, die Netzhaut und die sogenannten brechenden Medien, vornehmlich des Glaskörpers, der Linse und der Hornhaut. Beherrscht wird dieser Apparat durch die Sehsphäre im Gehirn. Erkrankungen, welche irgendeinen Teil dieser Sinnesapparate betreffen, machen den mit irgendwelchen Fehlern behafteten Menschen zum Flieger untauglich, wenn sie derart sind, daß sie das Sehen auf der Erde auch nur erschweren. Besonders wird also Kurzsichtigkeit oder eine Trübung der brechenden Medien zu berücksichtigen sein. Aber auch auf vorübergehende Reizzustände (Entzündungen, Tränenfluß usw.) ist zu achten, da dieselben auch bei leichteren Graden das Sehen erschweren können. In welcher Weise die Luft das gesunde Auge beeinträchtigen kann, läßt sich bei manchen Chauffeuren beobachten, die ohne Brille fahren. (Chronischer Bindehautkatarrh). Kommt in der Luft der schädliche Staub meist in Fortfall, so wirkt die Geschwindigkeit, mit der die Luft durchschnitten wird, die in höheren Regieonen auftretende Kälte, die Bestrahlung in erhöhtem Maße ungünstig ein.

Da der Gesichtssinn in erster Linie mit dazu berufen ist, das Gleichgewicht zu erhalten, da zu der Erhaltung desselben im Aeroplan viel kompliziertere Bewegungen als auf dem festen Boden nötig sind, so erhellt hieraus, wie genau die Untersuchung dieses Organs jeweils vorgenommen werden muß. Bei der Untersuchung ist auch festzustellen, ob kein Sehschwindel vorhanden ist.

Wie das Auge entsprechend zu schützen ist, darüber müssen sich die Flieger mit den Ärzten verständigen; denn nicht alle aus theoretischen Überlegungen hervorgegangenen Ratschläge sind praktisch verwertbar.

Das Gehörorgan.

Die akustischen Reize, die Gehörs- und Lageempfindungen werden von dem Hörnerv, dem sogenannten Acusticus, dem Ohre zugeleitet. Das Ohr stellt einen sehr komplizierten Apparat dar, von welchem ich nur die Schnecke und den Vorhof nennen will. Erstere dient dem Hören in erster Linie, letzterer, wie Goltz, Mach, Kreidl, Ewald u. a. festgestellt haben, der Wahrnehmung von Lageveränderungen, er dient auch mit zur Erhaltung des Gleichgewichts, der Stabilität, der Vorhof stellt also einen Teil des statischen Sinnes dar.

Der „Vorhof" besitzt sogenannte Statolithen (Steinchen), die uns die Bewegungen von vorne nach hinten und von oben nach unten vermitteln. Außerdem liegen in dem Vorhof drei halbzirkelförmige Kanäle, die entsprechend den drei Dimensionen des Raumes (in der Quer-, in der Stirn- und in der sagittalen Ebene — auf den Kopf bezogen —) angeordnet sind.

Welche Bedeutung diesen Organen, deren Bau ich nur skizziert habe, zukommt, ersehen wir aus den Feststellungen von Goltz: „Bei statisch besonders geschickten Tieren sind die Bogengänge des Ohrlabyrinths größer als bei minder geschickten Tieren. Das Eichhörnchen hat besser ausgebildete Bogengänge als das Kaninchen, der Affe bessere als der Hund, der Fisch bessere als die Schlange, die besten haben die Vögel." Von diesen wieder (nach Ewald) kommen von unten nach oben die Gans, das Huhn, der Rabe, die Taube, die Schwalbe in bezug auf diese besondere Ausbildung in Betracht. Der Mensch ist von der Natur nicht zum Fliegen vorbereitet worden. Er hat aber die Fähigkeit, seine Sinne auszubilden, anzupassen. Dazu aber gehört lange Übung und vor allem spezifische Eignung. Wie in jeder Kunst, können wir auch bezüglich der Aviatik sagen, daß es geborene Flieger gibt, Menschen, die über ein fein ausgebildetes statisches Organ verfügen, welches sie in die Lage versetzt, unter Verhältnissen ihr Gleichgewicht (in der Luft) zu bewahren, unter welchen andere versagen würden.

Über den statischen Sinn vermag der Einzelne von sich selbst keine Angaben zu machen, da derselbe unbewußt wirkt; dagegen ist derselbe einer sehr exakten ärztlichen Untersuchung zugänglich. Ein Mensch, dessen äußeres und inneres Ohr nicht tadellos funktioniert, dessen statischer Sinn irgendwie gestört ist, ist vom Fliegen auszuschließen. Daß selbst leichtere Erkrankungen des Gehörorgans, Entzündungen usw., die zunächst nur das Hören beeinträchtigen, zuerst völlig geheilt sein müssen, bevor ein Flieger aufsteigt, soll nur kurz erwähnt werden; vermittelt doch das Ohr dem Flieger die Geräusche des Motors, die sich bei Störungen desselben ändern und entsprechende Maßnahmen bedingen; wird doch die Atmung bei Ohrkatarrhen behindert und anderes mehr.

Der Raumsinn im allgemeinen.

Dieser wird durch das Auge, durch die erwähnten Teile des Ohres, dann aber noch durch einen dritten Apparat dargestellt, den wir als Haut- und Muskelsinn bezeichnen.

Dieser Sinn orientiert uns über die jeweilige Lage, Haltung, Stellung unseres Körpers. Geprüft wird er durch die Untersuchung der Haut- und Sehnenreflexe, durch die oberflächliche und tiefe Empfindlichkeit der Haut und der von ihr bedeckten Organe. (Hautempfindlichkeit, Unter-, Über-, Unempfindlichkeit.) Krankhafte Störungen der inneren Organe können nicht selten durch entsprechende der über diesen hinziehenden und zu ihnen ziehenden Nerven nachgewiesen werden, welche Kenntnis wir den bedeutenden Forschungen Heads verdanken.

Die Druckempfindungen der Haut im Verein mit denen des Auges, der Statolithen und der Bogengänge des Ohres stellen den statischen Sinn des Menschen dar. (Zuntz weist darauf hin, daß erfahrene Flieger mit

Hilfe ihres Gesäßes jede Schwankung ihres Flugzeuges mit großer Sicherheit erkennen Der gesamte statische Apparat wird beherrscht durch die großen Nervenzentren, durch das Gehirn, das verlängerte Mark und das Rückenmark. Erkrankungen dieser Zentren werden daher ausgeschlossen sein müssen, um einen Menschen zum Fliegen tauglich zu erklären.

Die Organe der Respiration und Zirkulation.

Ihre völlige Unversehrtheit muß umso nachdrücklicher gefordert werden, als die oben wiedergegebenen Untersuchungen gezeigt haben, wie sehr es auf den ungehinderten Ablauf der Sauerstoffaufnahme ankommt. Wenn auch der Flieger meist nur in geringeren Höhen tätig ist, die Erreichung von solchen über 4000 m heutzutage fast zwecklos erscheint, so bedeutet gerade der physische und psychische Kraftaufwand des Fliegers einen weit gesteigerten Verbrauch, der durch entsprechend raschen Ersatz ausgeglichen werden muß. Letzterer wird aber durch die ungehinderte Atmung und durch die Zufuhr des nötigen Sauerstoffes gewährleistet werden müssen.

Sehen wir von den Auspuffgasen, der möglichen Kälte usw., welche die Atmung behindern können, ganz ab, so befindet sich der Flieger dem Hochfahrer im Ballon gegenüber schon dadurch im Nachteil, daß seine Armmuskeln der Bedienung der Steuerung wegen mehr oder minder stark und dauernd angespannt sind. Diese Anspannung erschwert die Zirkulation, erschwert die Erneuerung des venösen durch sauerstoffreiches Arterienblut, zugleich aber kommt es zur Bildung von Milchsäure im ermüdeten Muskel, auf deren Bedeutung oben hingewiesen wurde. Auch die Haltung des Oberkörpers ist meist eine solche, daß durch sie die freie Atmung behindert wird. Die hieraus sich ergebende Folgerung ist die, daß der Flieger versuchen soll, durch Atemübungen, Atemgymnastik seinen Atemmechanismus zu verbessern, seine Brustmuskeln zu stärken. Je mehr er sich einem solchen Training auf der Erde hingibt, desto später wird er zur künstlichen Sauerstoffatmung greifen müssen.

Aus dem Gesagten ergibt sich von selbst, daß gewisse Erkrankungen der Atmungs- und Blutverteilungsorgane von dem Fliegerberuf ausschließen; denn schon der gesunde Zirkulationsapparat wird beim Aviatiker, der in kurzer Zeit große Höhen erreicht, in oft noch kürzerer im Gleitflug nieder zur Erde fliegt, in ganz ungewohnter Weise in Anspruch genommen. Die hiermit zusammenhängenden Änderungen im Blutdruck haben verschiedene Ärzte und auch der Referent durch sehr empfindliche Apparate (Blutdruck-Meßinstrumente) festzustellen sich bemüht. Die französischen Autoren fanden eine beträchtliche Steigerung des Blutdrucks, die übrigens auch sicherlich durch psychische Momente mitbedingt ist.

Kurz hinweisen möchte ich auf die für den Flieger notwendige besondere Art der Kleidung, auf die interessanten Vorschläge von Schrötters bezüglich der Abhaltung der Kälte und des verminderten Luftdruckes von Hochfahrern und Aviatikern und mit wenigen Worten auf die Nahrungsaufnahme vor längeren und höher führenden Fahrten eingehen.

Alle Sachverständigen empfehlen eine reizlose, nicht blähende, nicht mit vieler Flüssigkeit vermengte Kost. Einer ausgiebigen Verdauung ist besonderes Gewicht beizumessen. Die im Darm vorhandenen Gase dehnen sich in verdünnter Luft aus; abgesehen von den damit zusammenhängende nunangenehmen direkten Folgen, ist an die unter Umständen sehr bedeutende Beeinträchtigung der Atmung durch Hochdrücken der Zwerchfelles zu denken.

Beschränkte Flüssigkeitsaufnahme empfiehlt sich schon wegen des nicht selten auftretenden Harndranges beim Emporsteigen in größere Höhen.

Daß der Flieger in dem Alkohol seinen größten Feind und eine der bedeutendsten Gefahrenquellen zu sehen hat, ist für Kenner irgendeines Sports als selbstverständlich zu betrachten. Die lähmende Wirkung des Alkohols muß der Flieger, der mehr als irgendeiner seine ungestörte Entschlußfähigkeit braucht, unbedingt kennen und vermeiden. Vor größeren Flügen wird ungestörter Nachtruhe und Vermeidung aller erregenden Momente Beachtung zu schenken sein. Hierauf müssen aber, wie ich seinerzeit ausführte, und bereits mehrfach befolgt wurde, auch die Veranstalter von Flügen, die Sportvereine und Behörden Rücksicht nehmen und die Vorschriften der menschlichen Leistungsfähigkeit anpassen.

Psychologie des Fliegers.

Ich komme hiermit zu dem letzten, aber nicht unwichtigsten Abschnitt meines Referats.

Unsere diesbezüglichen Anschauungen können in keiner Beziehung als abgeschlossene angesehen werden; zu ihrer exakten Ausarbeitung und Vertiefung bedarf es vieler und von vielen anzustellender Untersuchungen. Betrachten wir die Gefahren, welche dem Flieger drohen, so können wir dieselben einteilen — wie bei jedem Sport ceteris paribus — in absolute und relative. Die absoluten sind dargestellt durch die Unzuverlässigkeit der Flugmaschine und durch die meteorologischen, klimatischen, geophysischen Verhältnisse. Erstere werden sich durch die Technik, letztere durch die speziellen Wissenschaften, wenn auch niemals völlig beseitigen, so doch wesentlich beschränken lassen. Absolute Gefahren sind auch durch plötzliches Versagen der Herztätigkeit gegeben, zu der es bei vorher gesunden Menschen kaum kommen wird; eine solche droht uns überdies immer und vor allem bei der Ausübung jedes Sports.

Die absoluten Gefahren können unter günstigen Umständen jeweils zu relativen herabsinken.

Die hauptsächlichsten relativen Gefahren sind durch die Individualität des Fliegers gegeben. Daß hierbei psychische Momente von ganz besonderer Bedeutung sind, dies können nur solche leugnen, denen das Psychische als Regulator unseres ganzen Lebens nicht oder ungenügend bekannt ist. Tatsächlich besteht diese mangelhafte Vertrautheit mit den psychischen Phänomenen bei sehr vielen, und hieraus erklärt es sich, daß manche Flieger diesen Momenten nur teilweise Verständnis und Beachtung entgegenbringen. Manche dagegen, die gewohnt sind, sich psychologisch zu beobachten, bestätigen durchaus die von wissenschaftlicher Seite geäußerten Anschauungen. Es kommt hierbei, wie ich

eingangs dieses Referates sagte, gar nicht darauf an, ob wir eine spezielle Fliegerkrankheit anerkennen wollen oder nicht.

Der Flieger befindet sich in einer Lage, die weder mit der des Hochtouristen noch des Hochfahrers verglichen werden kann. Nur zwei spezifische pathologische Momente können allen dreien gemeinsam sein — die Einwirkung des Sauerstoffmangels und eine gewisse psychische Spannung. Der Hochtourist hat aber die Erde unter sich, und er kann, zumal wenn er nicht allein wandert, Hilfe finden, er kann ausruhen, um neue Kräfte zu gewinnen. Der Hochfahrer kann, wenn er die heute bereits genau bekannten Sicherheitsvorkehrungen nicht vernachlässigt, und wenn nicht eine der absoluten Gefahren auf ihn einwirkt, zur Erde niedergehen, er ist vor allem von den Tücken des Motors unabhängig.

Der Aviatiker dagegen hat einen komplizierten Apparat zu bedienen. Seine Sinnesorgane sind in dauernder Anspannung. An seine Entschlußfähigkeit, seinen Willen, seine Konzentration werden die höchsten Anforderungen gestellt. Um nur ein Beispiel zu nennen: In welcher Lage hat ein Mensch nur annähernd so rasch, so automatenhaft rasch zu handeln, als ein Aviatiker, wenn er plötzlich aus dem Gleichgewicht kommt? Löwenthal hat diese Erwägungen für einen Automobilfahrer angestellt, der sich einem plötzlich auftretenden Hindernis gegenübersieht. Zwischen dem Reiz (ausgelöst durch das Hindernis) und der Reaktion auf diesen liegt die sogenannte Reaktionszeit. Für Lichtreize beträgt sie etwa $^{3}/_{10}$ Sekunden. Diese Reaktionsgeschwindigkeit gilt aber nur für diejenigen Fälle,)in welchen sich zwischen Reiz und Reaktion keine hemmenden Momente einschieben. (Solche Momente wären durch Ermüdung, Erregung, Unerfahrenheit, Alkohol und dergl. gegeben.) Ein Automobilfahrer hat in dem Augenblicke, da ihn ein plötzlicher Reiz trifft, möglichst schnell zwischen den notwendigen Reaktionen des Bremsens, Auskuppelns, Ausweichens usw. zu wählen. Diese Wahlzeit wird unter den günstigsten Bedingungen nicht weniger als $^{5}/_{10}$ Sekunden betragen. Fährt er mit 60 km Stundengeschwindigkeit, so macht er in $^{5}/_{10}$ Sekunden 8,3 m. Somit wird er einem Hindernis nur dann noch ausweichen können, das von seinem Wagen weiter als 8,3 m entfernt ist. Diese exakte Überlegung Löwenthals auf den Aviatiker übertragen, der nicht selten mit der doppelten Geschwindigkeit fliegt, überhebt uns weiterer Ausführungen zu diesem Punkte.

Welche Aktionen hat aber der Aviatiker auszuführen?

Er hat auf den Motor, auf die Steuerung, auf die Stabilität der Maschine, auf die Wetterlage und seine Flugbahn zu achten.

Zu diesen, wenn ich so sagen darf, normalen Tätigkeiten kommen eventuell die oben erwähnten abnormen Einwirkungen des Sauerstoffmangels, der Kälte, der Ermüdung, der Schlafsucht.

Von dem Bewußtsein oder Bewußtwerden der drohenden Gefahr eines Absturzes will ich ganz absehen. Die Flieger sind mutige Menschen, und die Mehrzahl von ihnen denkt beim Fliegen nicht an die Gefahr, weil ihre Aufmerksamkeit vollkommen durch ihre Tätigkeit in Anspruch genommen wird. Ein Gefühl aber kann selbst dadurch nicht ganz ausgeschaltet werden — das der absoluten Einsamkeit, welches zugestandenermaßen viele Aviatiker empfunden haben, wenn sie ohne Passagier und längere Zeit flogen.

Alle diese Momente erzeugen eine Gehirntätigkeit von einer Intensität, wie sie angreifender kaum gedacht werden kann. Wer diese berücksichtigt, der wird nun ohne weiteres zugeben, daß wir gar nicht genug an die Psyche des Fliegers denken, nicht genug vorsorgen können, um die ihr drohenden Gefahren genau kennen und dadurch verhüten zu lernen.

Das Versagen der psychischen Energien auch nur für Sekunden oder sogar Bruchteile von Sekunden hat für den in der Luft sich Befindenden die allergrößte Bedeutung.

Das Studium der Unglücksfälle mit tödlichem Ausgang ergibt meist gar keine Anhaltspunkte. Der zerschmetterte Flieger vermag ebenso wenig etwas auszusagen wie seine Maschine. Flieger, die nur leichtere Verletzungen erlitten, Flieger, die große Flüge vollführten, und noch die Kraft oder Eignung hatten, sich zu beobachten, bieten uns Psychologen aber wertvolle Anhaltspunkte zur Beurteilung dieser so wichtigen Fragen.

Einer unserer erfolgreichsten Flieger äußerte die Ansicht, 80 % aller Unglücksfälle entstünden durch Versagen der Flugapparate. Ein anderer machte für alle Unfälle nur die Kopflosigkeit der Flieger (!?) verantwortlich. Ein dritter sieht in dem Gleitflug die alleinige Gefahr und verlangt möglichst senkrechten Niederflug. Ein vierter mißt in einem Drittel der Unfälle der angeborenen Ungeschicklichkeit der Flieger die Schuld bei. Die Mehrzahl gibt übereinstimmend zu, daß das von mir behauptete Einsamkeitsgefühl sie ebenso oft überfallen habe wie eine plötzlich auftretende Schlafsucht. Aber das ätiologische Moment, die physische Reaktion auf diese psychischen Komponenten, wurde und wird von vielen übersehen. Und gerade diese sind es, welche an sich unerklärliche Unglücksfälle leicht verstehen lassen. Ein Flieger hat viele Flüge glücklich vollführt. Seine Ziele wachsen mit seiner Kunst und seinem Selbstvertrauen. Er will einen Rekord aufstellen — höher und höher schraubt er sich empor. Da taucht in dem ermüdeten Organismus eine ängstliche Nebenvorstellung auf — er vergißt für einen Augenblick den Apparat und macht ein falsches Manöver. (Ich besitze, dank dem Entgegenkommen Eulers, die Kurve eines Fliegers, auf der eine derartige, momentan entstandene und glücklicherweise ebenso rasch ausgeglichene Insuffizienz deutlich zu sehen ist in einem plötzlichen Abfall und sofortigem steilen Anstieg bis zur Rekordhöhe und augenblicklichem steilen Abstieg der Kurve nach Erreichung der vorgenommenen Höhe. Diese Kurve spricht gewissermaßen zu uns: Ich muß den Rekord brechen — ich steige und steige; vielleicht gelingt es mir nicht — falsches Manöver, — der Apparat fällt; ich muß hinauf — — richtiges Manöver, der Apparat steigt; endlich oben — — nun aber so schnell wie möglich zur Erde hinab.)

Ein anderer beteiligte sich — bereits übermüdet — an einem großen Fluge, Hart vor dem Ziele verflog er sich. Bei tadellos arbeitendem Motor suchte er so rasch wie möglich niederzugehen; bei der Landung fiel er von ganz geringer Höhe zu Boden. Ohne eine Verletzung erlitten zu haben, bot er die Symptome des Nervenchoks dar.

Ein dritter glaubte — ebenfalls übermüdet — daß sein Motor aussetzte, in forciertem Abfluge suchte er die Erde zu gewinnen.

In allen diesen und ähnlichen Fällen ist die Psyche des Fliegers bereits so angegriffen, daß er seinem Willen, seiner Kunst nicht mehr zu gebieten vermag; aus der Tiefe der Seele steigt das Gespenst der Angst hervor.

Meiner Überzeugung nach, die von Schrötter und andere teilen, ging Chavez nur durch die Fliegerkrankheit zugrunde, gleichviel ob Zuntz recht hat, der glaubt, daß Chavez beim Überfliegen der Alpen infolge seiner psychischen Alteration den Bodenluftwirbeln nicht mehr richtig zu begegnen wußte, oder ob ich recht habe, der glaubt, Chavez war von der Höhenangst ergriffen, während und nachdem er die schauerlichen Bergesriesen und Abgründe überflogen hatte. Für unsere Ansicht sprechen die Äußerungen dieses großen Mannes, dieses Helden der Aviatik, der auf seinem Schmerzenslager sagte: „Es war schrecklich." Für unsere Ansicht spricht weiter der Umstand, daß Chavez starb, während viel ernster Verletzte mit dem Leben davon kamen. Chavez hatte seine Nerven- und Lebenskraft verbraucht, bevor er abstürzte.

Ovid hat in seiner dichterischen Phantasie dieses alles vorerlebt:

Phaeton will Wagen und Rosse des Sonnengottes durch die Luft lenken. Der Vater warnt ihn:

„Denke daran, daß gerafft von beständigem Schwunge der Himmel
Hohes Gestirn hinzieht und in hurtigem Wirbel herumdreht.
Ich nur strebe aufwärts; und dem Sturme, der alles besieget,
Trotz' ich allein und fahre der raffenden Kreisung entgegen."

Phaeton aber gehorcht dem erfahrenen Piloten nicht. Er besteigt das Flugzeug und — wird von Angst ergriffen:

„Doch als Phaeton jetzt, der Elende, hoch aus dem Äther
Niederschaut auf die Lande, die tief, tief unten sich strecken,
Blaß nun wird sein Gesicht und ihm zitterten plötzlich die Knie,
Und in des Urlichts Glanz umzog ihm Dunkel die Augen —
Hätt' er doch nie, so wünscht' er, des Vaters Rosse berühret."

(Nach Voß.)

Diesen relativen Gefahren des Versagens der psychischen Kräfte ist in gewissem Sinne leichter zu begegnen als den übrigen. In erster Linie wieder durch eine sorgfältige Auswahl der Piloten. In zweiter durch die Fliegerschulen und die Fluglehrer, die auf die erwähnten, hier nur skizzierten psychologischen Momente achten müssen. Je ruhiger, je eingehender, je energischer und dabei doch vorsichtiger der Lehrer vorgeht, je mehr Zeit der Schüler auf das körperliche und seelische Training verwenden wird, desto ruhiger und selbstbewußter wird der Pilot sein Fahrzeug besteigen. Je weniger es ihm auf artistische, je mehr es ihm auf künstlerische Leistungen, je weniger es ihm um atembeklemmende, sensationelle als auf zuverlässige und wissenschaftlich oder militärisch brauchbare Erfolge ankommt, desto genauer wird er seinen Apparat, das Medium, seine Kräfte erproben, kennen und richtig ein- und abschätzen lernen. Wie er sich bei eintretenden Zufällen, wie er sich im Hoch- und Gleitflug zu verhalten hat, das ihm zu zeigen, kann unsern bewährten Flugmeistern ruhig überlassen werden. Die spezielle Nutz-

anwendung aus den medizinischen und psychologischen Lehren hat aber auch der Staat zu ziehen bei den Anforderungen, die er an die Erreichung eines Fluglehrer- und Pilotenzeugnisses stellt. Nicht zu vergessen ist die Errichtung von speziellen Versicherungen, die dem Piloten einen Teil der Sorge um etwa Hinterbliebene abnimmt.

Ich wollte nur auf die Erfolge und weiteren Ziele der wissenschaftlichen Flugtechnik und vor allem ihres medizinisch-psychologischen Zweiges hinweisen. Nicht um Ängstlichkeit und maßlose Vorsicht zu erzeugen, sondern um an ein vorsichtiges Maß zu erinnern, welches — davon bin ich überzeugt — unsere Leistungen erhöhen und die Gefahren verringern wird. Dergestalt, daß einmal für unser Vaterland die ironisch gemeinten Worte der Staël zur Wahrheit werden:

„Die Herrschaft über das Meer gehört den Engländern, die über die Erde den Franzosen — — die über die Luft den Deutschen.“

Druck der Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke)
in Berlin und Bernau.

Jahrbuch der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik

I. Band 1912/13

2. Lieferung



Berlin
Verlag von Julius Springer
1913

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Vorträge der Ordentlichen Mitgliederversammlung 1913 85
„Beanspruchung und Sicherheit von Flugzeugen", Professor Dr. Reißner . . 85
Diskussion zum Vortrag von Professor Dr. Reißner 107
„Versuche an Doppeldeckern zur Bestimmung ihrer Eigengeschwindigkeit und Flugwinkel", Autor-Referat Dr.-Ing. Hoff 123
„Über einen neuen Kreiselkompaß", Dr. Bruger 125
„Erfahrungen auf dem Flugplatz Johannisthal bei Berlin", Ing. Schnetzler . 130
„Eine Ausstellung von Meßapparaten", Professor Dr. Wachsmuth 133

Beanspruchung und Sicherheit von Flugzeugen.

Von

H. Reissner, Aachen.

Die Frage der Festigkeit von Flugzeugen wurde in den Anfängen der Flugtechnik als eine selbstverständliche, nicht eben schwierige Nebenfrage behandelt. Solange es sich nur um kurzdauernde Flüge unter ständiger Überwachung der Konstrukteure bei windstillem Wetter handelte, war diese Auffassung durchaus berechtigt und notwendig, um den Fortschritt der eigentlichen Flugkunst nicht aufzuhalten.

Inzwischen hat die Herstellung der Flugapparate in größeren Mengen die Verhütung von Herstellungsfehlern erschwert, die gesteigerten Nutzlasten haben die Beanspruchungen der Apparate sehr gesteigert, mit der Unabhängigkeit der Fliegerei vom Wetter, mit der Kühnheit der Gleitflüge, mit der sehr viel längeren Benutzungsdauer haben sich die Gefahren des Bruches von Flugapparaten nicht nur bei der Berührung mit der Erde, sondern während des Fluges außerordentlich gesteigert und tatsächlich auch einen so großen Teil aller Unfälle verursacht, daß heute die Frage der Festigkeit im Vordergrunde der Technik zu stehen verdient.

Die Überlegungen gliedern sich naturgemäß in die folgenden Unterfragen:

Welche äußeren Kräfte beanspruchen die Festigkeit eines Flugzeugs?

Welche Spannungen werden bei dem verschiedenen statischen Aufbau der verschiedenen Flugzeugarten erzeugt?

Welche Spannungen sind als zulässig anzusetzen unter Berücksichtigung der verwendeten Baustoffe, der Ausbildung der Verbindungsstellen, der Erschütterungen, der Abnutzung, des Rostens, der Feuchtigkeit usf.

In welcher Weise kann den Forderungen nach Sicherheit durch Belastungsproben der Materialien und ganzer Flugzeuge entsprochen werden?

Diese Fragen sollen und können innerhalb dieses Referats nicht erledigt werden, sondern es sollen nur die Richtlinien angegeben werden, in denen sich nach Meinung des Referenten unsere Bestrebungen zur Schaffung immer größerer Sicherheit unserer Flugzeuge bewegen müssen.

Die angreifenden Kräfte.

Die wichtigste äußere Kraft ist offenbar das Eigengewicht des Systems, das durch die Druckdifferenz an Ober- und Unterseite der Flügel im Gleichgewicht gehalten werden muß. Die Resultate aller dieser Druckdifferenzen und der

---

Anmerkung: Die Absätze in [] Klammern sind gegen die ursprüngliche Fassung des Vortrags in Frankfurt geändert.

übrigen Luftwiderstände muß beim Gleitflug mit der Schwerkraft zusammenfallen, beim Motorflug sich mit Schwerkraft und Vortriebskraft in einem Punkte schneiden und zum Kräftedreieck schließen.

[Will man die Beanspruchung der Tragflächen rechnerisch untersuchen, so muß man beachten, daß ihr Hauptgerippe aus 2 oder 3 Holmen gebildet wird, die quer zur Fahrtrichtung, d. h. in der Haupterstreckungsrichtung der Flügel laufen, und auf denen die sogen. Spieren aufsitzen. Die Spieren oder Rippen r nehmen zunächst den Luftdruck von der Stoffbespannung auf und übertragen ihn auf die Holme h. (Siehe Fig. 1.)

Wieviel jeder der Holme von der Gesamtbelastung des Flügels aufnimmt, hängt von der jeweiligen Lage der Luftdruckresultierenden (des Druckpunktes des Flügelprofils) bei den verschiedenen auftretenden Anstellwinkeln des Flügels gegen Fahrtrichtung ab. Man weiß, daß dieser Druckpunkt mit den Änderungen des Angriffswinkels des Luftstromes eine ganz erhebliche Wanderung ausführt und muß diese Verschiebung der Resultierenden bei der Festigkeitsberechnung berücksichtigen. (Siehe Fig. 2.)

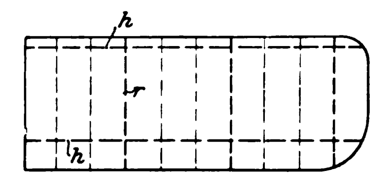


Fig. 1. Holm- und Spierengeripe eines Flügels.

Fig. 2. Druckwanderung bei gewölbten Flächen.

Während es bei 2 Holmen in horizontaler Fahrt im allgemeinen genügend genau ist, das Gesamtgewicht gleichmäßig auf beide Holme zu verteilen, da sowohl die Mitte zwischen Holmen als die Luftdruckresultierende im normalen Fluge etwas vor der Flügelmitte liegen, würde diese Annahme im steilen Gleitflug falsch sein.

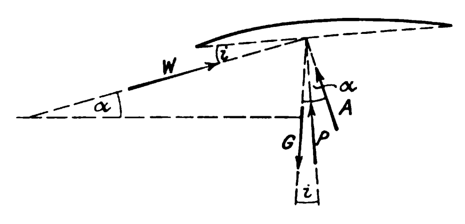


Fig. 3.

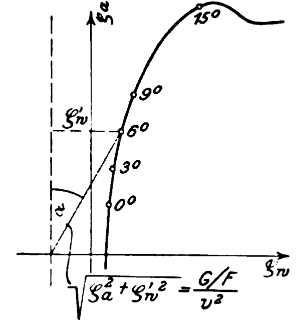


Fig. 4. Lilienthalsche Tragflächencharakteristik.

Ein Rechnungsgang, um hier die Holmbelastung abzuschätzen, ist etwa folgendermaßen vorzunehmen:

[Ein Propellerschub braucht im Gleitflug nicht berücksichtigt zu werden, da er infolge der erhöhten Geschwindigkeit, wenn überhaupt vorhanden, sicher sehr klein wird.

Die Gleichgewichtsbedingungen in der Senkrechten und Wagerechten lauten mit den Bezeichnungen der Fig. 3.

1) $G = A\cos\alpha + W\sin\alpha = Fv^2[\zeta_a\cos\alpha + (\zeta_w + \zeta_w^0)\sin\alpha]$

2) $O = A\sin\alpha - W\cos\alpha = Fv^2[\zeta_a\sin\alpha - (\zeta_w + \zeta_w^0)\cos\alpha]$

Hierin bedeuten: F die gesamte Tragfläche, G das Gesamtgewicht, v die Geschwindigkeit, A Gesamtauftrieb, W Gesamtwiderstand, ζ_a und ζ_w die Einheitswiderstände der Tragfläche, gegeben etwa durch eine Polarkurve nach Lilienthal (Fig. 4).

ζ_w^0 sei der Einheitswiderstand der übrigen Teile (Rumpf, Gerippe usw.), der schädliche Widerstand, der hier der Einfachheit wegen unabhängig vom Flugwinkel angenommen werden soll, wobei der schädliche Gesamtwiderstand $Fv^2\zeta_w^0$ bei Eindeckern etwa gleich $^1/_{10}$, bei Zweideckern etwa gleich $^1/_7$ des Gewichts abzuschätzen ist. In Fig. 4 ist ζ_w^0 durch Verschiebung der ζ_a-Achse nach links in die gestrichelte Lage berücksichtigt. Zur Abkürzung setze man $\zeta_w + \zeta_w^0 = \zeta_w'$.

Aus Gleichung 2 liest man sofort die Fahrtneigung des Gleitflugs ab zu

3) $\operatorname{tg}\alpha = \frac{\zeta_w'}{\zeta_a}$, d. h. der Radiusvektor nach dem Punkt der Lilienthalschen Charakteristik, der dem betreffenden Anstellwinkel entspricht, gibt durch den Winkel mit der ζ_a-Achse den Gleitflugwinkel.

Führt man ferner den Wert (3) des Gleitflugwinkels in Gleichung 1 ein, so ergibt sich:

$$\frac{G}{Fv^2} = \sqrt{\zeta_a^2 + \zeta_w'^2} \qquad (4)$$

Also: der reziproke Wert des Radiusvektor der Lilienthalschen Flügelcharakteristik gibt den Wert des Geschwindigkeitsquadrats dividiert durch die spezifische Flächenbelastung an.

Was nun für die Festigkeitsberechnung in Betracht kommt, ist die Kraftkomponente senkrecht zur Flügelsehne auf die Tragflächeneinheit, und diese hat den Wert:

$$p = \frac{P}{F} = v^2(\zeta_a\cos i + \zeta_w\sin i) = \frac{\zeta_a\cos i + \zeta_w\sin i}{\sqrt{\zeta_a^2 + \zeta_w'^2}}\,\frac{G}{F} \qquad (5)$$

Die Kraftkomponente parallel der Flügelsehne hat keine Bedeutung.

Wieviel von p auf jeden Holm entfällt, hängt von der Lage des Druckpunktes ab, über die wir ja seit neuerer Zeit zuverlässige Angaben, insbesondere von Prandtl-Föppl und Eiffel besitzen (Fig. 2).

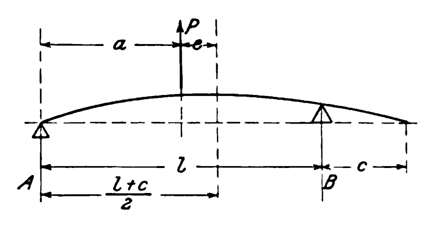


Fig. 5.

Wir fassen jede Flügelrippe als Balken auf den beiden Holmen als Stützen auf (Fig. 5) und erhalten:

$$A = \frac{Pb}{l} \qquad B = \frac{Pa}{l}$$

$$b = \frac{l-c}{2} + e \qquad a = \frac{l+c}{2} - e$$

$$A = \frac{P}{2}\left[1 - \frac{c}{l} + 2\frac{e}{l}\right] \qquad B = \frac{P}{2}\left[1 + \frac{c}{l} - 2\frac{e}{l}\right]$$

Setzen wir jetzt den verhältnismäßigen Abstand des Druckpunkts von der Flügelmitte $\frac{e}{l+c} = \eta$, so daß $\frac{e}{l} = \eta\left(1+\frac{c}{l}\right)$ wird, nehmen wir ferner an, daß der Hinterholm das verhältnismäßige Stück $\frac{c}{l} = 0{,}25$ von der Flügelhinterkante entfernt ist, wie es etwa den meisten konstruktiven Ausführungen entspricht, so ergibt sich die Belastung des Vorderholms:

$$A = \frac{P}{2}\,(0{,}75 + 2{,}5\,\eta),$$

die des Hinterholms:

$$B = \frac{P}{2}\,(1{,}25 - 2{,}5\,\eta).$$

Die Einsetzung des Wertes (5) für P liefert schließlich:

$$\frac{A}{B} = \frac{G}{2}\left[\begin{matrix}(0{,}75 + 2{,}5\,\eta)\\(1{,}25 - 2{,}5\,\eta)\end{matrix}\,(\zeta_a \cos i + \zeta_w \sin i)\right]\frac{1}{\sqrt{\zeta_a^2 + \zeta_w'^2}} \tag{6}$$

also die Holmbelastungen als Funktionen des Anstellwinkels i und der zugehörigen Druckpunktwanderung η, die z. B. aus den Prandtlschen oder Eiffelschen Tabellen entnommen werden können.

Es möge dies für eine von Föppl-Prandtl geprüfte, im Verhältnis 1 : 15 gewölbte Platte vom Seitenverhältnis 1 : 4 nachgerechnet werden (Jahrbuch d. Motorluftsch.-Studienges. 1911).

i	η	$10\,\zeta_a$	$10\,\zeta_w$	$0{,}75 + 2{,}5\,\eta$	$1{,}25 - 2{,}5\,\eta$	$10(\zeta_a \cos i + \zeta_w \sin i)$	$10\,\zeta'_w$	$10\sqrt{\zeta_a^2+\zeta_w'^2}$	$\frac{1}{10\sqrt{}}$	$\mathrm{tg}\,\alpha$	$\frac{A}{G/2}$	$\frac{B}{G/2}$
— 3,8	+ 1,055	— 0,46	0,345	+ 3,39	— 1,39	— 0,477	1,037	1,13	0,883	— 2,28	— 1,426	+ 0,585
— 1,8	— 0,855	+ 0,44	0,289	— 1,39	+ 3,39	+ 0,434	0,981	1,08	0,930	+ 2,215	— 0,561	1,368
0	— 0,225	1,50	0,277	+ 0,19	+ 1,81	1,500	0,969	1,79	0,560	0,646	0,160	1,522
2,5	— 0,058	2,58	0,339	+ 0,61	1,39	2,585	1,031	2,77	0,361	0,401	0,570	1,297
5	+ 0,019	4,10	0,440	+ 0,80	1,20	4,128	1,132	4,25	0,236	0,277	0,778	1,167
10	0,1	5,73	0,718	+ 1,00	1,00	5,765	1,410	5,90	0,169	0,247	0,976	0,976
15	0,11	6,33	1,313	1,03	0,97	6,450	2,005	6,64	0,151	0,317	1,00	0,942
20	0,056	5,25	1,840	0,89	1,11	5,560	2,532	5,83	0,172	0,482	0,834	1,040
25	0,050	5,04	2,260	0,88	1,13	5,520	2,952	5,84	0,171	0,585	0,833	1,065
30	0,060	4,93	2,770	0,90	1,10	5,660	3,460	5,05	0,198	0,702	1,036	1,231
35	0,053	4,70	3,150	0,88	1,12	5,660	3,840	4,85	0,206	0,818	1,054	1,306

Hierbei sind die dort angegebenen Koeffizienten für Auftrieb, Widerstand und Druckpunktlage und ferner ein schädlicher Widerstand gleich $^1/_{10}$ des Gewichts zugrunde gelegt.

Die letzten beiden Reihen der Tabelle I geben diejenigen Anteile der halben Belastung, die auf den Vorderholm (A) bzw. auf den Hinterholm (B) entfällt. Die Reihen vorher zeigen den Gleitflugwinkel und die Veränderlichkeit der Geschwindigkeit bei den verschiedenen Anstellwinkeln.

Man erkennt aus der Tabelle, daß der Vorderholm die halbe Gesamtlast bei 15° erreicht, dagegen der Hinterholm bei sehr kleinen Winkeln am meisten beansprucht ist und bei 0° auf $1\frac{1}{2}$fache halbe Gesamtlast kommt, wobei die Geschwindigkeit etwa das Doppelte der normalen bei etwa 4° Stellungswinkel beträgt und der Gleitflug unter einem Winkel von 33° (nach tg α = 0,646) zur Horizontalen vor sich geht, ein Winkel, der in der Praxis häufig eintritt. Die Tabelle ist durch Fig. 6 wiedergegeben.]

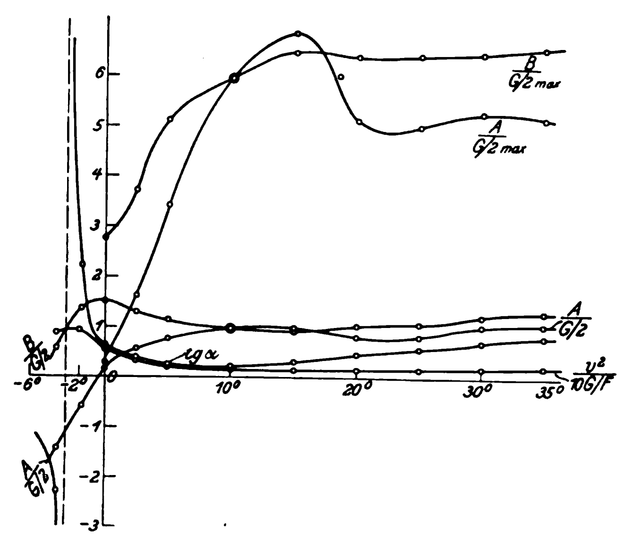


Fig. 6. Gleitfluggeschwindigkeiten v, Gleitflugwinkel α, Gleitflugholmbelastungen $\frac{A}{G/2}$ u. $\frac{B}{G/2}$, Holmstoßkräfte $\frac{A}{G/2_{max}}$ u. $\frac{B}{G/2_{max}}$ Hinterholm (B) ein Fünftel der Flächenbreite von der Hinterkante der Tragfläche.

Nimmt man noch hinzu, daß dieser im Gleitflug stärker belastete Hinterholm bei Eindeckern wegen der Ausbildung des Flügelprofils gewöhnlich niedriger ausgeführt werden muß, so sieht man, daß auf die Festigkeit des Hinterträgers bzw. Hinterholms von Flügelflächen ganz besonders zu achten ist. Keinesfalls darf bei der statischen Berechnung die Last gleichmäßig auf beide Holme verteilt werden.

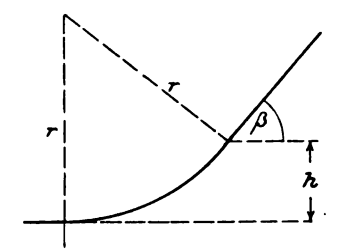


Fig. 7. Aufrichtungsvorgang aus dem Gleitflug.

Zu diesen Drucken in gerader Bahn bei ruhiger Luft kommen nun die Drucke in gekrümmter Bahn bei ruhiger Luft. Beschreibt z. B. das Flugzeug einen Kreis vom Radius r in horizontaler Ebene, so muß die Luftdruckresultierende der Flügel nicht nur das Eigengewicht, sondern auch im wesentlichen die volle Zentrifugalkraft im Gleichgewicht halten. Liegen die Tragflächen um den $\sphericalangle$ α schräg, so legt sich der Tragflächendruck um denselben Winkel schräg, und um dem Eigengewicht G die Wage zu halten, muß er den Wert G/cos α annehmen. Setzen wir als Grenzfall der Erfahrung α = 45°, so wird der Tragflächendruck gleich G . 1,412, und dieser verteilt sich, da die äußere Flügelspitze größere Geschwindigkeit hat, [und durch die Verwindungsteuerung nur teilweise entlastet wird], etwas nach außen wachsend.

Recht schwierig ist eine scharfe Beantwortung der wichtigen Frage, welche Überbelastungen bei dem Übergang aus dem steilen Gleitflug zum Horizontalflug oder zur Landung auftreten. Der Charakter des Vorganges ist ja der, daß dem

Luftstrom mehr oder weniger plötzlich die Tragflächen unter großem Anstellwiukel dargeboten werden, und daß dadurch sowohl die Flugrichtung gehoben als auch die Geschwindigkeit gebremst wird. Man kann zwar die Differentialgleichungen dieses Vorgangs ansetzen, aber sie sind sehr unbequem zu behandeln und es soll deswegen hier eine überschlägliche Berechnung der Überbelastung versucht werden.

Faßt man z. B. die Bahn dieses Aufrichtens als Kreis auf und entnimmt die Aufrichtungshöhe und die ursprüngliche Gleitfluggeschwindigkeit und Richtung der Beobachtung, so kann man die folgende Überlegung anstellen (Fig. 7).

Ist h die Höhe, aus der der Gleitflug gebremst wird, β der Winkel der Gleitbahn mit der Horizontalen, r der Krümmungsradius in der Übergangskurve, so ist $h = r\,(1 - \cos\beta)$ und die Zentrifugalkraft

$$Z = \frac{m\,v^2}{r} = G\,\frac{v^2}{g\,h}\,(1 - \cos\beta).$$

Diese Kraft ist für die Flügelbelastung zur Gewichtskomponente $G \cos\alpha$ hinzuzuaddieren, also zusetzen

$$G\cos\alpha + Z = G\left(\cos\alpha + \frac{v^2}{g\,h}\,(1 - \cos\beta)\right).$$

Setzt man hierin, um einen extremen Fall zu haben, $\alpha = 0$, wo α der augenblickliche Gleitflugwinkel, $\beta = 45^0$, $v = 40$ m/sec. im ersten Augenblick des Aufrichtens, $h = 40$ m, so ergibt sich

$$\frac{v^2}{g\,h}\,(1 - \cos\beta) = 1{,}2.$$

Die Belastung wird also in diesem Fall mehr als verdoppelt.

Es ist in der letzten Zeit aus Anlaß von Flügelbrüchen einigemal die Behauptung aufgetaucht, daß die Flügel im steilen Gleitflug von oben Druck erhielten und die obere Verspannung zuerst nachgegeben habe. Ein solcher Fall läßt sich denken im letzten Teile einer abwärts in einen steilen Gleitflug führenden gekrümmten Bahn. Im oberen, noch wenig geneigten Teil der Bahn wird die zur Erzwingung der Krümmung notwendige Zentripetalkraft im wesentlichen durch das Eigengewicht hergegeben, im unteren steilen Teil der Bahn gibt das Eigengewicht nur einen geringen Beitrag und die Zentripetalkraft muß durch einen von außen, oben kommenden Luftdruck erzeugt werden. Der Fall kann rechnerisch gerade wie oben beim Aufrichten betrachtet werden und führt gerade wie dort zu Drucken von der Größenordnung des Eigengewichts, nur hier von oben auf den Flügel wirkend.

[Ein anderes Verfahren der Abschätzung ist von Herrn v. Parseval in der Diskussion zu diesem Vortrage vorgeschlagen worden, nämlich das folgende: Der größte Auftrieb, der auf eine Tragfläche kommen kann, ist zu entnehmen aus der Flächencharakteristik in der bekannten Form:

$$A = F\,v^2_{max}\,\zeta_{a_{max}}$$

wo $\zeta_{a\,max}$ der größte im allgemeinen zwischen 15° und 20° auftretende Auftriebskoeffizient sein möge.

Herr von Parseval will nun auch unter v die größte bei dem betrachteten Flugzeug auftretende Geschwindigkeit verstanden wissen und also ungünstigsten Winkel und größte Geschwindigkeit gleichzeitig wirkend annehmen. Die mechanische Vorstellung wäre also die, daß aus der größten Gleitfluggeschwindigkeit momentan auf den ungünstigsten Winkel aufgerichtet würde, und daß auf die Abbremsung beim Übergang von sehr kleinen zu großen Winkeln keine Rücksicht genommen würde.

Diese Vorstellung scheint doch wohl etwas zu ungünstig zu sein.

Ich habe sie trotzdem im folgenden einmal konsequent numerisch durchgeführt, und zwar nicht für die ganzen Tragflächen, sondern gleich für die einzelne Holmbelastung, um den wichtigen Einfluß der Druckpunktwanderung zu berücksichtigen.

Man kann hier die Formel (6) verwenden, wenn man für $\sqrt{\zeta_a^2 + \zeta_w'^2}$ nicht die jeweils dem zugehörigen Stellungswinkeln entsprechenden ζ_a und ζ_w' versteht, sondern durchweg den Minimalwert der Wurzel, d. h. den Maximalwert von v wählt.

Es ergibt sich dann für die Anteile der Holmkräfte an den halben Tragflächenbelastungen die folgende Tabelle

i^0	$\frac{A}{G/2_{max}}$	$\frac{B}{G/2_{max}}$	i^0	$\frac{A}{G/2_{max}}$	$\frac{B}{G/2_{max}}$
0	0,295	2,77	20	5,12	6,375
2,5	1,622	3,71	25	5,01	6,40
5	3,41	5,12	30	5,26	6,43
10	5,95	5,95	35	5,15	6.55
15	6,86	6,46			

Der Verlauf dieser ungünstigsten denkbaren Holmbelastungen ist auf Fig. 6 eingezeichnet.

Man sieht, daß in der Tat die größten Holmbelastungen in der Nähe von 15° eintreten, und daß sie mehr als das Sechsfache der halben statischen Tragflächenbelastung betragen. Immerhin ist diese Betrachtungsweise als zu ungünstig anzusehen, wenn man bedenkt, daß eine unverminderte Geschwindigkeit beim Aufrichten von 0° auf 15° Stellungswinkel vorausgesetzt ist.

Man wird also den Überbelastungen bei kleinen Stellungs-Winkeln, d. h. bei größeren Normalgeschwindigkeiten, ein größeres Gewicht zubilligen und deswegen den Hinterholm als die gefährlichere Stelle betrachten müssen.]

Die vorhergehenden Betrachtungen betreffen den Flug in ruhiger Luft, wie er im Anfang der Kunst allein gewagt wurde. Heute fliegt man fast bei jedem Wetter und muß die Geschwindigkeits- und Richtungsdifferenzen der Luft und die große stoßweise Beanspruchung des ganzen Flugzeugverbandes durch diese Böigkeit oder Turbulenz am eigenen Leibe spüren[1]).

[1]) Es ist allerdings zu bedenken, daß der Mechanismus des Luftwiderstandes auch in vollkommen ruhiger Atmosphäre ein fluktuierender ist und alle gemessenen

Zahlenmäßige, verwendbare Angaben über diese Geschwindigkeit und Richtungsdifferenzen auch in ihrem zeitlichen Verlauf sind mir nicht bekannt geworden. Ich kann deswegen hier nur das Prinzipielle angeben und hoffe auf eine zahlenmäßige Klärung der Frage mit Hilfe unserer Gesellschaft.

Wir können als ungünstigste Voraussetzung annehmen, daß der Apparat vermöge seiner Trägheit und der Höhensteuerung mit im wesentlichen konstanter Geschwindigkeit v_1 und Richtung relativ zur Erde fliegt, daß er jedoch gegen eine Luftströmung von wechselnder Geschwindigkeit v_2 gegen Erde und wechselnde Richtung anzukämpfen hat. Seine Geschwindigkeit gegen Luft ist dann $v_1 + v_2 = v$. Nun möge v_2 schwanken um seinen Mittelwert v_2^m um $\frac{v_2}{n}$ und damit wird das Verhältnis c des größten zum mittleren Luftdruck

$$c = \frac{\left(v + \frac{v_2}{n}\right)^2}{v^2}.$$

Z. B. bei einer Eigengeschwindigkeit des Apparates von $v = 20$ m/sec bei einem Winde von $v_2 = 10$ m/sec und einer Böigkeitsziffer $n = 2$ d. h. bei Windstößen von 5 m/sec ergibt sich

$$c = \frac{25^2}{20^2} = 1{,}56,$$

bei $v = 40$ m jedoch nur

$$c = \frac{45^2}{40^2} = 1{,}27.$$

Es scheint also, als ob schnelle Apparate eine geringere Überbeanspruchung durch Wind zu erfahren hätten als langsame. Dies entspricht nicht immer der Empfindung des Piloten. Vielleicht muß hier noch der Umstand in Rechnung gezogen werden, daß bei schnellen Apparaten die Geschwindigkeitsdifferenzen schneller aufeinander folgen und mehr den Charakter von Stößen annehmen, die z. B. ein Knallen der hohlen Stoffbespannung bei Eindeckern erzeugen können. Ferner ist zu bedenken, daß die Voraussetzung einer konstanten Absolutgeschwindigkeit des Apparates bei schweren, schnellen Apparaten der Wirklichkeit viel näher kommt als bei leichten, langsamen Apparaten, die eher mit konstanter Relativgeschwindigkeit fliegen und mehr Wellenlinien beschreiben. Eine rechnerische Verfolgung dieses Unterschiedes erscheint nicht aussichtslos.

Ganz ähnlich würde sich auch die Überlegung bei Richtungsdifferenzen des Windes gestalten. Da die Luftdrucke bei kleinen Einfallswinkeln proportional mit diesen wachsen, könnte es z. B. vorkommen, daß bei einer Winkeländerung gleich dem Stellungswinkel der Tragfläche sich dieser Stellungswinkel und damit auch der wirkende Luftdruck verdoppelte.

Diesen vermehrten Luftdrucken müssen, wie schon oben angedeutet, die Trägheitskräfte des Apparats Gleichgewicht halten. Diese werden, da das System

---

Luftwiderstände nur Mittelwerte vorstellen. Infolgedessen müssen auch bei ruhigem Fluge Druckschwankungen und Vibrationen eintreten, die ich indessen in der Flugpraxis nicht habe bemerken können.

ja bestrebt ist, Relativgeschwindigkeit und Relativwinkel zur Luft konstant zu halten, nicht so groß werden können, als es unveränderlichen Werten der Geschwindigkeit und des Winkels bezüglich der Erde entsprechen würde. Es ist also die Abschätzung der Krafterhöhung durch Böigkeit sicher zu ungünstig. Immerhin hat es keinen Zweck, genauer zu rechnen, ehe wir nicht über die Böigkeit selbst verläßliche Zahlen haben.

Für die Festigkeitsberechnung der Flügelholme und der Flügelrippen ist auch die Verteilung der Drucke längs der Flügelflächen zu beachten. Die bisherigen Eiffelschen Versuche haben gezeigt, daß die Belastung auf die Flächeneinheit nach der Flügelwurzel, d. h. dem Rumpf hin ein wenig wächst, daß sie aber über die Rippen sehr ungleichmäßig verteilt ist und einen buckelförmigen Verlauf zeigt. Für die Festigkeitsberechnung der Holme ist die Annahme gleichmäßiger Belastung vom Rumpf nach außen als sicherer vorzuziehen[1]; für die Rippen ist es das Sicherste und nicht zu ungünstig, mit einer dreieckförmigen Belastungsfläche der Luftdrucke zu rechnen und die Spitze der dreieckförmigen Belastungsfläche in der Mitte zwischen den Holmen, d. h. an der ungünstigsten Stelle anzunehmen.

Vielleicht ist auch die Verschiedenheit der Druckverteilung bei Doppeldeckern zu berücksichtigen und zu bemerken, daß das obere Tragdeck immer etwas stärker belastet ist als das untere. Man kann hier einen Überschuß von 20 % überschläglich annehmen[2].

Die erste Aufnahme dieser teils aus Saugwirkungen und teils aus Druckwirkungen entstehenden Tragflächenkräfte geschieht durch die Bespannung. Die Bespannung der unter einem Minderdruck stehenden Oberseite der Flügel ist jedenfalls gegen Abheben von den Rippen zu schützen. Einer Berechnung scheint sich jedoch die Festigkeit der Bespannung deswegen zu entziehen, weil die Straffheit der Bespannung und die Elastizitätseigenschaften zu veränderlich sind. Planmäßige Versuche in dieser Frage sind bis jetzt nicht bekannt geworden.

Zu diesen im wesentlichen senkrecht zur Flächensehne der Flügel wirkenden Kräften kommen nun noch die in der Sehnenebene des Flügels wirkenden Komponenten der Widerstände.

Eine Betrachtung der Luftwiderstände allein ergibt hier sehr kleine Kräfte, die durch eine Verspannung der Tragflächen senkrecht zur Sehnenebene, also etwas nach vorn geneigt, reichlich aufgenommen werden können. Trotzdem hat die Praxis gezeigt, daß eine kräftige Querverspannung der Tragflächen nicht nur wegen der seitlichen Knickfestigkeit der hochkant stehenden Flügelholme, sondern auch in Rücksicht auf die Beanspruchungen bei Berührung der Flügelspitze mit dem Boden, und bei Mehrdeckern in Rücksicht auf die Verdrehungsfestigkeit des Flügelgerippes geboten erscheint. Wieviel man hier zu verlangen hat, hängt von den Ansprüchen an die Geschicklichkeit des Piloten in der Nähe des Bodens ab. Es hat sich herausgestellt, daß die starren Zweideckergerippe bei der Berührung mit dem Boden viel empfindlicher sind als die nachgiebigeren und in den einzelnen Gliedern stärkeren Flügelspitzen der Eindecker.

---

[1] Wenn die Flügel nicht besonders schmal nach den Flügelspitzen zu werden.

[2] G. Eiffel, Résistance de l'air et l'aviation, Paris 1910.

Von den Luftdruckkräften haben wir schließlich noch die Steuerflächenkräfte zu betrachten. Wie groß diese im Höchstfalle werden können, hängt von der Geschwindigkeit des Systems, der Größe und Form der Steuerfläche und dem Ausschlagwinkel ab.

Die Höhensteuer- und Seitensteuerflächen sind im allgemeinen von ebenem Profil und länglich rechteckig. Der Ausschlagwinkel des größten Luftdrucks ist, wie Modellversuche gezeigt haben, etwa 30°, und der Luftdruck bleibt bei größeren Winkeln nahezu konstant. Der Höchstdruck wird mit genügender Genauigkeit angegeben durch die Formel:

$$D = 0{,}075\, F\, v^2,$$

wo F die Größe der Steuerfläche und v die relative Geschwindigkeit zwischen Fläche und Luft ist. Der Druck auf die Flächeneinheit wird also im Höchstfalle bei $v = 20$ m/Sek $= 72$ km/Std.: $\frac{D}{F} = 30$ kg/qm und bei $v = 144$ km/Std.: $\frac{D}{F} =$ 120 kg/qm. Dies wären die, wie man sieht, recht hohen Einheitsdrucke, die man bei vollem Ausschlagwinkel der Festigkeitsberechnung der Flächen selbst und der Steuerorgane zugrunde legen müßte.

[Die obige Rechnung ist allerdings viel zu ungünstig, denn die Flugzeuge weichen unter dem Druck der Steuerflächen sofort aus, so daß ein so großer Angriffswinkel sich gar nicht bilden kann. Nach meinen Erfahrungen kann der wirksame Angriffswinkel zwischen Luftstrom und Fläche höchstens den Wert 15° erreichen und man erhielte damit spezifische Steuerflächendrucke von der Größenordnung der jeweiligen spezifischen Tragflächendrucke und hätte hiernach die Steuerflächen selbst und die Steuerzüge zu bemessen, was durchaus betriebsichere Stärken liefert.

Genauere Aufschlüsse hierüber müßten Messungen der Seiten- und Höhensteuerwirkung auf die Bahn des Flugzeugs in der Vertikal- und in der Horizontalebene zusammen mit dem nicht sehr schwierigen rechnerischen Ausbau der Steuertheorie ergeben.]

Zu den Luftdruckkräften können wir schließlich auch die Vortriebkräfte der Propeller rechnen, da sie durch den Luftwiderstand der Schraubenflügel erzeugt werden. Diese Schubkräfte müssen durch die Drucklager der Welle auf das Motorfundament und von dort auf den Fahrzeugrumpf, das Fahrgestell und die Flügel zuverlässig übertragen werden. Für die Größe dieser Kräfte ist im allgemeinen der Zustand beim Anfahren maßgebend, da die Propellerkräfte im Fluge abnehmen. Man kann als Zugkraft H im Stande bei unmittelbar gekuppelten Schrauben für langsame Flugzeuge etwa $H = 3{,}6\, N$, für schnelle Flugzeuge $H = 3\, N$ setzen, wo N die Motorleistung in Pferdestärken. Bei Schrauben mit Übersetzung ins Langsame allerdings sind die Vortriebskräfte ja bekanntlich größer im Verhältnis zur Motorkraft.

Die Aufnahme dieser Kräfte und auch des Drehmoments des Motors ist gewöhnlich sehr leicht zu bewerkstelligen; jedoch sind es nicht diese Kräfte, sondern die Erschütterungen des Motors, welche die Befestigung des Motors am Flugzeug gefährden können. Hier kommt es natürlich auf die Gleichförmigkeit des Drehmoments und den Massenausgleich des Motors an, und man wird, um einen krassen

Vergleich zu nehmen, für einen 2-Zylinder-Motor stärkere Befestigungsbolzen, Schwellen usw. vorschreiben müssen als für einen 7-Zylinder-Rotationsmotor. Die Größe der auftretenden Kräfte zahlenmäßig anzugeben, wird man wohl nicht unternehmen, besonders als hier auch mit Zufälligkeiten, z. B. Rückschlägen des Motors, schlechter Ausbalancierung des Propellers und dgl. zu rechnen ist.

Der letzte Gesichtspunkt führt zu einer anderen Art von Belastungskräften, die nicht durch die Luftwiderstände, sondern durch die Trägheit der Massen des Systems hervorgerufen werden, und die die größte Rolle wohl bei den Landungsstößen, denen das Flugzeug ausgesetzt ist, spielen. Hier erfährt das System während eines kurzen Intervalls eine Verzögerung in vertikaler Richtung und damit eine Trägheitsbelastung proportional dem Produkt dieser Verzögerung und der Masse des Systems. Es ist natürlich Sache eines geschickten Piloten, diese Verzögerung nicht auf der Erde, sondern schon allmählich in der Luft zu erzeugen; jedoch sollte man sich hierauf nicht verlassen, da schlechte Gelände und unruhige Luft oft zu harten Landungen zwingen. Die dabei entstehenden Trägheitskräfte können offenbar erheblich größer sein als das Eigengewicht des Apparats und werden nur klein gehalten werden können durch geringe, wenig ausladende Massen des Flugzeugs und eine weiche Abfederung des Landungsgestells.

Über ihre Größenordnung kann man etwa die folgende einfache Überlegung anstellen.

Es sei der Federweg des Systemschwerpunktes l cm, der Winkel der Flugbahn mit der Horizontalen vor der Landung α, die Geschwindigkeit vor der Landung v, die Trägheitskraft in senkrechter Richtung bei der Landung n mal größer als das Eigengewicht, also gleich n G, so muß also die Fluggeschwindigkeit bei der Landung um den kleinen Winkel α gedreht werden, also in der Zeit t, die für den Landungsstoß gebraucht wird, eine Geschwindigkeit $v\,\alpha$ senkrecht zur Geländeebene vernichtet werden. Dazu ist eine Kraft $n\,G = \frac{v\,\alpha}{t}\,m$ nötig, da die Masse m des Systems die Verzögerung, d. h. die Geschwindigkeitsabnahme in der Zeiteinheit $\frac{v\,\alpha}{t}$ erfährt. Um die Landungszeit t zu schätzen, beachten wir, daß das System am Anfange des Stoßes die Vertikalgeschwindigkeit $v\,.\,\alpha$ am Ende des Stoßes die Vertikalgeschwindigkeit 0 besitzt, also die mittlere Vertikalgeschwindigkeit $\frac{v\,\alpha}{2}$. Da nun vertikaler Landungsweg, d. h. Federweg gleich mittlerer Vertikalgeschwindigkeit mal Zeit ist, kann man setzen $l = t\,\frac{v\,\alpha}{2}$, und indem man Trägheitsbelastung n G mal Weg l gleich der vernichteten lebendigen Kraft $\frac{v^2\,\alpha^2\,m}{2}$ setzt

$$n\,G\,l = \frac{v^2\,\alpha^2\,m}{2}$$

gewinnt man den Stoßfaktor:

$$n = \frac{v^2\,\alpha^2}{2\,l\,g}$$

Mit diesem Faktor wäre das Eigengewicht aller Teile zu multiplizieren, um die Landungsbelastung zu berücksichtigen.

Nehmen wir z. B. einen Federweg $l = 20$ cm, eine Apparatgeschwindigkeit $v = 20$ m/sec, eine Bahnneigung $a = 0{,}2$, so ergibt sich

$$n = \frac{400 \cdot 0{,}04}{2 \cdot 0{,}2 \cdot 9{,}81} \sim 4.$$

Der Apparat wäre also dann für die Landung so zu dimensionieren, als ob er in allen seinen Teilen viermal so viel wöge, als es tatsächlich der Fall ist.

Hätte der Apparat nur eine Landungsgeschwindigkeit von $v = 15$ m/sec, eine Bahnneigung $\alpha = 0{,}1$, jedoch keine andere Abfederung als durch seine Luftreifen, also etwa $l = 0{,}02$ m, so ergäbe sich

$$n = \frac{225 \cdot 0{,}01}{2 \cdot 0{,}02 \cdot 9{,}81} \sim 5{,}6,$$

also nicht viel größer als im vorhergehenden Fall. Man sieht, wie sehr eine Verlangsamung der Geschwindigkeit und eine Abflachung der Bahn vor der Landung den Mangel eines kleinen Federweges gutmachen können.

Zusammenfassend müssen wir also für die Belastungskräfte der Flugzeuge die folgenden Kräfte ansetzen:

[1) Den Einfluß der Zentripetalkraft in der Kurve bzw. des Gleichgewichts in einer Schräglage durch Multiplikation des Eigengewichts mit dem reziproken Kosinus des Schräglagenwinkels, im Maximum etwa 1,4.

2) Den Einfluß der Rückwanderung der Tragflächenkraft bei kleinen Angriffswinkeln durch Belastung des hinteren Holmes mit ¾ des Eigengewichts, während für den vorderen Holm ½ des Eigengewichtes genügt.

3) Eine gleichmäßige Verteilung der Gesamtbelastung längs der Tragflächen von innen nach außen, wenn die Flügel nicht besonders spitz nach außen zulaufen, eine Erhöhung des spezifischen Tragflächendrucks der oberen gegen die untere Tragfläche bei Doppeldeckern von etwa 20 % und eine dreieckförmig nach der Rippenmitte wachsende Rippenbelastung.

4) Eine Belastung der Steuerflächen und Steuerzüge durch den gleichen spezifischen Flächendruck wie den der Tragflächen des Flugzeugs.

5) Die Überbelastung durch das Abfangen aus dem Gleitfluge. Hierfür ließen sich zwei verschiedene Abschätzungsverfahren aufstellen. Das eine lieferte mit den ungünstigen Werten einer Abfanghöhe von 40 m, einem Gleitflugwinkel von 45° und einer Gleitfluggeschwindigkeit von 40 m/sek eine Überbelastung größer als das Eigengewicht. Das andere ergab durch gleichzeitige Annahme des ungünstigsten Winkels und der größten Geschwindigkeit Überbelastungen des Vorderholms von 7 fachem des Hinterholms von 6 fachem Gewicht. Dieses Berechnungsverfahren ist aber sowohl vom mechanisch-theoretischen als auch vom praktisch-konstruktiven Standpunkt aus bei weitem zu ungünstig.

Zur Entscheidung dieser Frage müssen planmäßige, wissenschaftlich einwandfreie Messungen unternommen werden.

6) Eine Belastung von oben durch scharfes Übergehen in den Gleitflug oder durch Hineingeraten in absteigende Luftströme. Auch hier herrscht dieselbe Unsicherheit wie zu 5).

7) Die Überbelastung durch die Böigkeit und die zeitlichen und räumlichen Richtungswechsel des Windes im Verein mit der geringeren oder größeren Trägheit des Flugzeugs. Qualitativ kann man sagen, daß bei einem schnelleren Flugzeug einerseits die Geschwindigkeits- und Richtungsdifferenzen weniger Zusatzkräfte erzeugen, andererseits aber ein schnelleres und schwereres Flugzeug weniger ausweicht und infolgedessen die wirksamen Differenzen der Geschwindigkeitsquadrate doch wieder größer sind.

Für die quantitative Beantwortung dieser sehr wichtigen Frage wären wiederum dieselben Meßinstrumente heranzuziehen wie unter 5).

Bis zur scharfen Beantwortung der Fragen unter 5) bis 7) möchte Vortragender eine Gesamtbelastung von 4- bis 6 fachem Eigengewicht von unten nach oben und von 1 fachem Eigengewicht von oben nach unten als vorläufig betriebssicher vorschlagen.

8) Den Landungsstoß durch eine Belastung des ganzen Systems von oben nach unten mit einem Vielfachen des Eigengewichts, das abhängt von dem Federweg des Fahrgestells und dem Auftreffwinkel. Überschlägliche Rechnungen zusammen mit konstruktiven Erfahrungen ergeben bei einem Federweg von etwa 10 cm etwa 4 faches Eigengewicht.]

Der statische Aufbau und die statische Berechnung.

Die statischen Gebilde, auf welche die oben abgeschätzten Belastungen wirken, sind die Tragflächenträger, der Rumpf und das Fahr- oder Landungsgestell des Flugzeugs. Es ist hier natürlich nicht der Ort, etwa ein vollständiges statisches Berechnungsschema eines Flugzeuggerippes zu geben. Nur auf einige wichtige Punkte möge aufmerksam gemacht werden.

Für die Tragflächenträger sind bekanntlich zwei Aufbauarten entwickelt worden, und zwar für Mehrdecker hauptsächlich der Brückenträger mit Druckvertikalen und gezogenen Gegendiagonalen und für Eindecker die doppelten Hängewerke über und unter den Tragflächen mit auf Druck und Biegung beanspruchten Flügelholmen. Man findet allerdings auch bei einigen Eindeckern das System des Brückenträgers unter dem Flügel mit einer Hängewerkverspannung vereinigt.

Die Brückenträger sind, ohne daß es für den statischen Aufbau notwendig wäre, noch einmal in jedem Felde parallel zur Fahrtrichtung durch Drahtkreuze verbunden, eine Verstärkung, die trotz des zusätzlichen Luftwiderstandes sich als wünschenswert für die Steifigkeit des Tragflächenfachwerks in der Praxis herausgestellt hat. Die Hängewerke der Eindecker dagegen enthalten wenn man von der Biegungsfestigkeit der über die Angriffspunkte der Verspannungen durchlaufenden Flügelholme absieht, nur die für den statischen Aufbau notwendigen Glieder.

Ein fernerer Unterschied der beiden Tragwerke besteht darin, daß die Zahl der Tragwerkglieder und die Winkel, in denen sie aneinanderstoßen, bei Eindeckern geringer, infolgedessen die Spannkräfte in ihnen erheblich größer sind als bei Mehr-

deckern. Man glaubt aus diesem Grunde den Eindeckertragwerken eine geringere Sicherheit zusprechen zu müssen und verlangt Festigkeitsnachrechnungen mit hohen Sicherheitsgraden und Belastungsproben hauptsächlich von diesen. An sich sollte die geringere Anzahl und stärkere Beanspruchung von Konstruktionsteilen kein Grund für die geringere Sicherheit der Konstruktion sein. Wenigstens ist dies in anderen Gebieten der Technik durchaus nicht der Fall. Jedoch scheint es wirklich, als ob unsere heutige noch etwas primitive Ausbildung der Knotenpunkte in der Flugtechnik bei stärkeren Gliedern, insbesondere für den Anschluß von Drähten und Kabeln eher versagte.

Bei einer den Spannkräften entsprechenden Stärkebemessung und bei richtiger Ausbildung der Knotenpunkte liegt jedoch durchaus kein Grund vor, das Eindeckerhängewerk für weniger sicher zu halten als die Brückenträger der Mehrdecker.

Zur Spannungsbestimmung mögen noch zwei wichtige Punkte herausgehoben werden.

Die Beanspruchung der Tragflächenholme setzt sich bei allen Tragsystemen aus einer Längskraft und einer nahezu vertikalen Biegungsbelastung durch die Rippen oder Spieren und die Stoffbespannung zusammen.

Die auftretende Spannung ist an der schwächsten Stelle des Holmes durch Addition der beiden Wirkungen zu bilden. Dabei ist auch auf die seitliche (nahezu horizontale) Knicksicherheit des Holmes in jedem Felde zwischen den durch Drahtkreuze zu verbindenden Hauptflügelrippen zu achten.

Die Knicksicherheit in vertikaler Richtung ist gewöhnlich reichlich vorhanden. Will man den Einfluß der Knickbeanspruchung auf das Biegungsmoment der Vertikalebene berücksichtigen, so kann man es durch einen Zuschlag zum Biegungsmoment oder zur Biegungsspannung tun, indem man mit dem Faktor $1 + {}^1/_3 n$ multipliziert, wo n der Sicherheitsgrad gegen Ausknicken in vertikaler Richtung ist[1]).

---

[1]) Ist M_0 das Biegungsmoment durch Biegungsbelastung allein, P der Längsdruck, l die freie Länge, J das Trägheitsmoment des Holmquerschnittes in Bezug auf die Biegungsachse des Querschnitts und E der Elastizitätsmodul des Holmmaterials, so folgt aus der Theorie der elastischen Linie:

$$M_{max} = M_0 \frac{1}{\cos \frac{l}{4}\sqrt{\frac{P}{EJ}}}$$

Andererseits gilt die Eulersche Knickformel für den Druck P allein in der Form

$$l\sqrt{\frac{P}{EJ}} = \frac{\pi}{\sqrt{n}}$$

wo n der Sicherheitsgrad, und damit wird, wenn man näherungsweise

$$\cos \frac{\pi}{4\sqrt{n}} = 1 - \frac{\pi^2}{32\,n}$$

setzt,

$$M_{max} = M_0\left(1 + \frac{\pi^2}{32\,n}\right) = \sim M_0\left(1 + \frac{1}{3\,n}\right)$$

Für den sehr geringen Wert n = 3 z. B. ergibt sich danach, daß die Biegungsspannung infolge des zusätzlichen Biegungsmoment der Knickung vom Betrage Längskraft mal Durchbiegung, nur um $^1/_9$ ihres Wertes zu erhöhen wäre.

Zu beachten ist ferner die Aufnahme der erheblichen Druckkräfte in den Holmen an ihren Befestigungsstellen am Rumpf. Hier ist eine starke Druckverbindung von einer Tragfläche zur andern für die einander im Gleichgewicht haltenden Holmkräfte nötig; aber auch für den Fall, daß bei ungleicher Belastung der Tragflächen in der Kurve oder bei der Verwindung die einander gegenüberliegenden Holme ungleiche Druckkräfte erfahren, muß der Anschluß am Rumpf genügende seitliche Absteifung erhalten.

Gewisse konstruktive Schwierigkeiten bei der Erfüllung dieser Forderungen treten oft dadurch ein, daß die Führersitze an der betreffenden Stelle des Rumpfes Platz beanspruchen.

Die zulässigen Spannungen und die Stärkebemessungen.

Wir müssen nun an die Frage herantreten, welche Materialien im Flugzeugbau zu empfehlen sind, und wie stark die verschiedenen im Flugzeugbau verwendeten Baustoffe unter Berücksichtigung aller in ihnen auftretenden Spannkräfte beansprucht werden dürfen. Für das Flugzeug, von dessen Festigkeit das Leben seines Führers abhängt, und dessen Güte trotz aller Fortschritte im Motoren- und Propellerbau und in der Flügelausbildung immer von seiner Leichtigkeit bestimmt sein wird, ist ja sicher der beste Baustoff gerade gut genug; andererseits lebt der Flugzeugbau, der mit seinen geringen Lieferungsmengen auch nur geringe Ansprüche an besondere Bedingungen stellen kann, heute noch von der Gnade des Automobilbaues, ohne den es unsere heutigen Qualitätsstahle wohl noch gar nicht gäbe. So muß man oft auf vorteilhafte Walz- und Ziehprofile, auf Preßstücke u. dgl. verzichten und dafür gegossene oder geschweißte Arbeit ungern einsetzen.

Daher kommt es auch, daß ein Baustoff, das Holz, das aus andern Gebieten wegen seiner wechselnden Beschaffenheit, seiner Wetterempfindlichkeit und seiner unbequemen Zugverbindungen verdrängt worden ist, im Flugzeugbau noch eine große Rolle spielt. Infolge der sorgfältigen Auswahl, die in den geringen Stärken hier möglich ist, darf man im allgemeinen mit den Spannungen erheblich höher gehen als sonst. Ich selbst habe gute Erfahrungen gemacht bei zulässigen Zug- und Druckspannungen von 250 kg/qcm bei Hartholz wie Esche, Nußbaum, Hickory und von 150 kg/qcm bei Weichholz wie Kiefer und Fichte, wenn wirklich alle Spannungen berücksichtigt werden, wenn man geradfasriges, trocknes Splintholz aussucht, die Form so wählt, daß keine Fasern durchschnitten sind, und es vor Feuchtigkeit schützt.

[In bzw. auf den Verlauf der Fasern muß die heutige Konstruktionsweise unserer Holzpropeller als nicht einwandfrei bezeichnet werden. Denn die Befestigung an der Welle erfolgt mit Hilfe einer Bohrung im Holz von mindestens 70 mm, so daß grade an der Stelle der größten Beanspruchung die Holzfasern durchschnitten sind.

Die Konstruktionsweise rührt wohl daher, daß die Motorenfabriken sich die Herstellung der Welle bequem machen. Sie lassen nämlich die Welle in einen Konus endigen und schieben auf diesen Konus einen Rohrkonus mit Flansch auf, so daß die Bohrung im Holzpropeller, der auf diesem Rohr sitzt, erheblich größer als sonst nötig ist. Besser wäre es, den Propellerflansch mit der Welle aus einem Stück herzustellen, so daß nur die dünne Motorwelle selbst den Propeller durchbohrte.]

Für die Knickfestigkeit des im Flugzeugaufbau verwendeten Holzes darf man mit einem Elastizitätsmodul von 130 000 für bestes Hartholz bzw. 90 000 kg/qcm für bestes Weichholz rechnen und kommt durchaus mit einem Sicherheitsgrad n = 3 aus, wenn man aber auch wirklich alle Knickkräfte, nicht nur die in ruhigem horizontalen Fluge (siehe Kap. 1) berücksichtigt.

Für die Baustoffe von genauer definierbarer Beschaffenheit kann man die zulässigen Spannungen umso höher wählen, je höher Bruch- und Kerbschlagfestigkeit, Elastizitätsgrenze und Bruchdehnung liegen. Auf jeden Fall muß die zulässige Beanspruchung unterhalb der Elastizitätsgrenze bleiben, wenn das Material bei wiederholter Beanspruchung nicht allmählich spröder und unzuverlässiger werden soll; denn man weiß, daß mit einer Überbeanspruchung zwar die Elastizitätsgrenze immer bis zur Überbeanspruchung heraufrückt, aber gleichzeitig die Bruchdehnung sich jedesmal um den Betrag der bleibenden Dehnung verkleinert.

Man weiß ferner aus der Erfahrung, daß man mit der zulässigen Spannung umso näher an die Elastizitätsgrenze herangehen darf, je höher die Festigkeit über dieser Grenze liegt, und je größer die Bruchdehnung ist. Jedoch ist ein formelmäßiger und theoretisch faßbarer Zusammenhang hierfür noch nicht gefunden.

Es wird manchmal als Grund für die Bevorzugung von Materialien mit großer Bruchdehnung angegeben, daß eine große Bruchdehnung und ein großer Bereich oberhalb der Elastizitätsgrenze bei Überschreitungen der Elastizitätsgrenze eine große unelastische Formänderungsarbeit und damit eine große Widerstandsfähigkeit gegen stoßweise Belastungen gewährleiste. Dies sollte eigentlich kein Beweggrund sein, denn die Spannungen sollen doch unterhalb der Elastizitätsgrenze bleiben, um das Bauwerk nicht allmählich zu zerstören, wie es in andern Gebieten der Technik durchaus erreicht ist.

Der Zusammenhang, den wir durch den unbestimmten Begriff Zähigkeit zu verstehen suchen, muß also noch aufgeklärt werden, wenn wir planmäßig die guten Eigenschaften neuer Stahlsorten durch die Wahl einer höheren zulässigen Spannung ausnutzen wollen.

Das Qualitätsmaterial, das wir am häufigsten im Flugzeugbau benutzen, ist Stahldraht, und gerade für ihn hat die Erfahrung gezeigt, daß es nicht nur auf eine hohe Festigkeit ankommt.

Es gibt Stahldrähte von 250 kg/qmm Bruchfestigkeit, 1 % Bruchdehnung und einer Elastizitätsgrenze ganz nahe der Bruchfestigkeit. Trotzdem zieht man mit Recht Stahldrähte von 140 kg/qmm 5—7 % Dehnung und 100 kg/qmm Elastizitätsgrenze vor, weil sie „zäher“ sind.

Auch wenn man von der Befestigungsösenausbildung, die ja nur in dem „weicheren“ Draht möglich ist, absähe, da sie ja zu vermeiden wäre, würde man den weicheren Draht vorziehen müssen.

Es ist schwer, den eigentlichen Grund dieser Maßnahme anzugeben. Wahrscheinlich rechnet man doch wohl mit dem Auftreten von Belastungen über der Elastizitätsgrenze und hält das weichere Material, das weniger Kaltziehen erfahren hat, für homogener.

Es müßte aber ein physikalisch begründeter, etwa aus Elastizitätsgrenze, Bruchdehnung und Kerbschlagprobe zusammengesetzter Ausdruck, der uns heute noch fehlt, für die zulässige Spannung gefunden werden, ganz besonders in der Flugtechnik, wo es sich viel mehr als anderwärts lohnt, die Verbesserung unserer Baustoffe durch die entsprechende Erleichterung der Konstruktionen bei gleicher Sicherheit durch die Zulassung richtig abgestufter Spannungen auszudrücken.

Eine solche Abstufung der zulässigen Spannungen wird praktisch dazu führen, alle beanspruchten wichtigen Konstruktionsteile möglichst aus gewalztem, gezogenem, geschmiedetem oder gepreßtem Material von der günstigsten Temperaturbehandlung beim Herstellungsprozeß vorzuschreiben und durch Nieten oder Schrauben zu verbinden; dagegen gegossene, geschweißte, gelötete und kalt gebogene Teile nur an unwichtigen Stellen zu erlauben. Diesem Ideal werden wir uns umsomehr nähern können, je mehr wachsende Lieferungsmengen und einheitlichere Bauweisen eine Massenherstellung erlauben.

Es gibt allerdings auch einen häufigen Beanspruchungsfall, bei dem härteres Material vorzuziehen ist und die Höhe der Elastizitätsgrenze für sich eine besondere Bedeutung hat; das ist der Fall der Knickung. Nur bis zur Elastizitätsgrenze hat der Elastizitätsmodul seinen Anfangswert und nur bis zu dieser gilt die Eulersche Knickgrenze. Man wird also für Stäbe, die Knickkräften ausgesetzt sind, besonders auf eine hohe Elastizitätsgrenze sehen und wird sich z. B. bei gezogenen Stahlröhren vorsehen müssen, durch Warmbiegen oder Hartlöten das Material weich zu machen, wie das auch jeder Praktiker weiß. Wie der Sicherheitsgrad der Knickung mit den Werten des Elastizitätsmoduls und der Elastizitätsgrenze zusammenhängt, ist übrigens bekannt und von verschiedenen Forschern wie Tetmayer, Engesser und Karman in zuverlässige Formeln gefaßt worden.

Wenn ich über die Wahl der zulässigen Spannungen etwas vorschlagen sollte, so wäre es das Folgende.

Unter Berücksichtigung aller denkbaren Beanspruchungen des Flugzeugverbandes (siehe Kap. 1) soll die zulässige Spannung $\frac{2}{3}$ derjenigen sein, bei der der Baustoff bleibende Änderungen erfährt (Elastizitätsgrenze). Neben hoher Elastizitätsgrenze ist aber auch auf Zähigkeit des Materials zu achten.

Konstruktionseinzelheiten.

Die Sicherheit der Konstruktionsglieder hängt bei dem augenblicklichen Stande der Flugtechnik jedoch nicht nur von der Güte der verwendeten Materialien, sondern auch von der Ausbildung der Anschlußverbindungen oder Knotenpunkte, wenigstens bei gezogenen Gliedern wie Drähten, Kabeln ab. Es ist nämlich schwierig, die kleinen

dort in Betracht kommenden Querschnitte ohne Querschnittsschwächung oder Materialverschlechterung auszubilden. Nun gilt nicht nur der Grundsatz: eine Konstruktion ist nur so stark wie ihr schwächster Teil, sondern die schwache Ausbildung von Knotenpunkten hat auch den großen Nachteil, daß die gefährlichen Spannungen an der schwachen Stelle schon dann auftreten, wenn der Hauptteil des betreffenden Drahtes oder Kabels noch wenig Formänderung erfahren hat, so daß die Bruchdehnung bzw. Brucharbeit sehr verkleinert wird.

Diese Betrachtung trifft ganz besonders für die beliebte Ösenverbindung von Drähten zu. Durch die Kaltbiegung der Öse verliert das Drahtmaterial an dieser Stelle seine Zähigkeit — Warmbiegen wäre natürlich auch falsch —; ferner treten durch die Form der Öse selbst zusätzliche Biegungsspannungen durch die Zugkraft im Drahte ein, so daß die Festigkeit der Verbindung vermindert wird. Was aber bedenklicher erscheint, ist, daß das Zerreißen eintritt, bevor eine merkliche Dehnung der ganzen Drahtlänge hat zustande kommen können.

So hat sich bei Versuchen, die ich durch die Freundlichkeit von Herrn Rötscher in dessen technologischem Institut anstellen konnte, ergeben, daß die Festigkeit von 2-mm-Drähten durch die üblichen sorgfältig hergestellten Endösen um höchstens 30 % verringert war, daß dagegen eine Bruchdehnung, die bei dem ungeschwächten Material zu mindestens 5 % auf 20 cm Meßlänge festgestellt worden war, bei der Befestigung mit Ösen überhaupt nicht mehr gemessen werden konnte. Eine solche Verbindung muß bei stoßartigen Kräften aus den schon oben angeführten Gründen sehr bedenklich sein.

Ähnliche Einwände lassen sich auch erheben gegen die Befestigung von Stahlbändern mit Hilfe von Nieten, die den Querschnitt an der Nietstelle erheblich schwächen.

Eine einwandfreiere Bauweise ist indessen durchaus möglich und aus anderen Zweigen der Technik bekannt.

Ich erinnere an die Dickendspeichen der Fahrräder, an die dicker gestauchten Enden von Ankerrundeisen des Brückenbaus und an die Augenstäbe des amerikanischen Brückenbaus. Man findet das Prinzip des Dickendgewindes auch neuerdings bei der Ausbildung der Drahtspannschlösser befolgt und findet auch Anerbietungen von Lieferungsfirmen der Flugtechnik für Dickenddrähte zum Gewindeeinschneiden im verdickten Teil, wobei freilich das Vorrätighalten der verschiedenen Drahtlängen eines Flugzeugs und der hohe Preis stören. Ein gutes Vorbild ist ferner die Kabelbefestigung des Hebezeugbaus, die das Kabel im ungeschwächten und geradlinigen Teil durch Klemmen festhält. Auch solche Klemmen sind von mir im technologischen Institut des Herrn Rötscher zahlreich hergestellt und geprüft worden und haben bei richtiger Anordnung volle Zugfestigkeit und volle Bruchdehnung ergeben. Es war freilich nicht möglich, eine zuverlässige Klemmung ganz ohne Drahtbiegung zu erreichen, doch ließ sich diese so einrichten, daß sie erst hinter der eigentlichen Klemmung, also schon außerhalb der durch die aufzunehmende Zugkraft gespannten Länge nötig war und nur dazu diente, einen Keil zuverlässig in eine Hülse hineinzuziehen, eine Bauart, die sich nach vielen Versuchen mit anderen Keilklemmen aus einem Vorschlage des Herrn Dümmler entwickelte.

Einer ähnlichen Ausführung von Esn.-Pelterie gegenüber zeichnet sich diese durch das exzentrisch zum Keil, aber zentrisch zur Zugkraft liegende Bolzenloch aus. Siehe Fig. 8.

Allerdings ist jede Biegung an so hochwertigem Material wie Stahldraht auch deswegen gefährlich, weil nicht jede Verbindungsstelle in der Herstellung überwacht werden kann, und immer die Gefahr vorliegt, daß ein erstes Versehen in der Ablängung oder Stärke der Biegung durch Auf- und Wiederzubiegen vertuscht wird. Die Festigkeit einer so gepfuschten Öse ist natürlich ganz unberechenbar. Für die fabrikmäßige Herstellung ist demnach eine Verbindung, bei der gar nichts gebogen wird, die allerzuverlässigste.

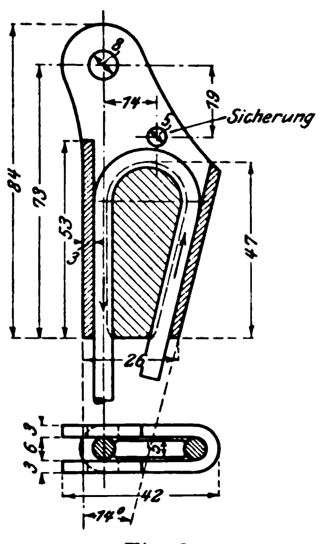


Fig. 8.

Dieselben Versuche mit Ösen und Klemmen habe ich auch an Kabeln gemacht und gesehen, daß die Festigkeit bei Kabeln durch Ösen weniger leidet als bei Drähten, sofern man das Rutschen durch die Öse und ihre Klemmen durch genügende Zahl der Ösenklemmen vermeiden und die Materialbeschädigung durch die Klemmschrauben verhindern kann. Den Einfluß auf die Bruchdehnung konnte ich bisher nicht feststellen. Wendet man überhaupt Ösen an, so ist das Kabel als Verspannung vorzuziehen. Gebraucht man aber einen einwandfreien Anschluß ohne Schwächung, d. h. durch Dickend oder Klemme, so möchte ich dem Stahldraht den Vorzug geben, der besser zu überwachen und gegen Rost zu schützen ist und weniger leicht durch äußere Einflüsse beschädigt wird.

Die Forderung des Vibrierens der Spanndrähte ohne Biegung an den Anschlußstellen kann man durch gelenkigen Anschluß unschwer erfüllen.

[Ich habe seitdem noch weitere Vergleichsversuche mit Drähten, die durch Ösen und durch Klemmen angeschlossen waren, gemacht. Dabei hat sich für die Ösen gezeigt, daß sie umso besser halten, je kürzer sie gemacht werden können, natürlich ohne Hin- und Herbiegen bei der Herstellung. Das Reißen aller Ösen erfolgte ausnahmslos auf folgende Weise: Durch die Belastung verkürzt sich die Öse in der Weise, daß sich der gebogene Draht durch das Loch und durch das Ösenröhrchen hindurchzieht und dabei sich wieder gerade biegt, die Öse sich verkürzt und das Röhrchen ganz dicht an das Ösenblech heraufrutscht. Durch das so eintretende Aufbiegen des vorher zugebogenen Ösenteils wird das Material geschädigt und es tritt das Reißen in dem nunmehr geraden Teil des Drahtes der aber vorher gebogen war, ein.

Gelingt es die Öse so kurz zu machen, etwa mit Hilfe von Spezialwerkzeugen, daß ein Herumrutschen des Drahtes nicht eintreten kann, dann hat, was bei einer der unten angebenen Proben der Fall war, die Öse eine viel höhere Festigkeit.

Läßt man Ösen zu, dann sollte man auch Spezialösenbiegezangen vorschreiben, die mit einmaliger Biegung eine ganz kurze Öse herstellen.

Im Gegensatz zu den Proben mit Ösen, zeigten die Zerreißversuche mit den Klemmen der Fig. 8 ohne Ausnahme eine volle Ausnutzung der Festigkeit des Drahtmaterials und auch der Dehnbarkeit.

Bei den 5 mm starken Drähten war ja wohl der Unterschied zwischen Öse und Klemme besonders groß, weil die Herstellung der Öse in so starkem Draht schwieriger ist und das Material mehr schädigt.

Es zeigte sich, daß bis auf einen Versuch, bei dem die Öse besonders kurz geglückt war, Festigkeit sowohl als auch Formänderungsarbeit der Öse noch nicht die Hälfte des Betrages bei Anwendung von Klemmen erreichten. In der nebenstehenden Tabelle sind einige der Ergebnisse mitgeteilt.

Fertigkeitsversuche an Spanndrahtösen und Klemmen.

	Nr.	l_1 cm	d mm	Höchstl. kg	Spannung kg/cm²	Streckung cm	Diagr.-Fl. cm²	Arb.vermögen kgcm	Bruch	Bemerkungen
Öse	486	41	5,00	1300	6 640	3,73	13,0	4120	innerh. der Öse	l_1 Länge von außen zu außen Öse
	487	41	5,02	1240	6 330	2,39	26,9	2185		
	488	41,5	5,00	1880	9 590	5,34	22,6	7165		
	489	40	5,02	1290	6 580	3,73	11,9	3770		
	490	40	5,00	1320	6 730	3,47	11,2	3550		
Klemme	491	48,5	5,00	2700	13 800	4.00	26.6	8430	gesund an Ende	l_1 Länge Mitte bis Mitte Bolzenloch
	492	49	5,00	2700	13 800	3.66	27,7	8775	gesund in Mitte	

Die Unzuverlässigkeit der Ösenausbildung an Drähten, die mangelnde Durchbildung der Steuerzüge in bezug auf Abnutzung und Überschreitung der Elastizitätsgrenze an zu kleinen Rollen und dergl. haben dazu geführt, das Heil in einer Vervielfachung der Glieder zu suchen, die sich bei Versagen des einen von ihnen gegenseitig ablösen sollen.

Meiner Meinung nach entspricht dies einem primitiven Zustande der Technik, und das Ziel muß sein: Ausschaltung unzuverlässiger Verbindungen und sich abnutzender Teile und Erhöhung des Sicherheitsgrades durch Verstärkung der Verbindung, nicht durch Vervielfachung!

Für die Prüfung einer Konstruktion auf ihre Einzelheiten möge ferner noch erinnert werden an die Begrenzung der Lochwandungsdrucke von Bolzen in Holz und die Lochwandknickung dünnwandiger Rohre, an die Forderung der dauernden Überwachbarkeit der Einzelheiten während des Betriebes, an die Sicherung gegen Materialfehler bei leinwandbeklebten Holmen und Propellern und dergl.

Eine genauere Betrachtung fordert auch die immer weitere Beliebtheit, deren sich die autogene Schweißung für die Herstellung schwieriger Verbindungsteile an Knotenpunkten erfreut, wo eine Herstellung aus dem Vollen oder durch Pressen wegen zu geringer Stückzahl zu teuer oder zu langwierig scheint. Bemerkenswert ist gerade diese Einführung in die Flugtechnik im Gegensatz zum Automobilbau. Sie scheint wohl nur dort gute Ergebnisse zu liefern, wo eine Auflösung der Konstruktion in sehr viele schwache Einzelteile die Gefahr einer Fehlschweißung vermindert. Als endgültige Bauart für Teile, die wichtige Spannungen aufzunehmen haben, möchte ich die autogene Schweißung nicht gelten lassen, da das Material an der Schweißstelle den Charakter von Guß hat und plötzliche Übergänge in den

Materialeigenschaften vorhanden sind, wie die bisher veröffentlichten Laboratoriumsuntersuchungen gezeigt haben.

Dagegen scheint die Schweißung für reine Befestigungsteile und Heftnähte, wie z. B. Schuhe für Druckstreben, wegen ihrer Bequemlichkeit auch fernerhin eine Zukunft zu haben.

Referent selbst hat bei seinen Konstruktionen bisher ohne jede Schwierigkeit Schweißstellen vermeiden können und sieht z. B. den Vorteil, Stahlrohrgerippe durch Schweißung herzustellen, durchaus nicht ein, wo es eine Fülle von bequemen Ausbildungen von Knotenpunkten ohne dieses von der Güte des Arbeiters so sehr abhängige Mittel gibt.

Auf jeden Fall sollte eine Einigung darüber versucht werden, wo Schweißung empfohlen werden darf und in welcher Weise die Zuverlässigkeit der Herstellung vom Verbraucher, z. B. der Heeresverwaltung, überwacht werden kann.

Ähnliche Überlegungen sind für den Anwendungsbereich von Gußteilen, Hart- und Weichlötung anzustellen.

Die Prüfung durch Belastungsproben.

Daß die bedingungsgemäße Beschaffenheit der verwendeten Materialien wie Draht, Kabel, Stahlrohr, Holz, Stoff usw. mit ihren Anschlußverbindungen durch Stichproben auf der Festigkeitsmaschine nachgeprüft werden sollte, daß der Zusammenbau der Teile in den einzelnen Baustadien überwacht werden sollte, bedarf wohl keiner Erläuterung, da es nur der Übung in andern Gebieten entnommen werden braucht. Freilich ist dazu nötig, daß die Abnahmekommissionen der Käufer flugtechnisch geschulte Ingenieure dazu beauftragen.

Eine Frage ist nun aber des öfteren aufgeworfen worden, und zwar die, welchen Wert Belastungsproben des ganzen Flugzeugs haben, wie diese verlangt werden können, ohne dem Fabrikanten zu starke Unkosten aufzuerlegen, in welcher Weise und bis zu welchem Grade sie durchgeführt werden sollten und ob ein so geprüftes Flugzeug nachher noch benutzt werden darf.

Das gegebene Verfahren für eine solche Probe ist ja bekanntlich die Aufhängung des Apparats in umgekehrter Lage und die Belastung der Flügel mit Sand. Man hat nun je nach der Überbelastung mit Sand im Verhältnis zum Eigengewicht gewisse Sicherheitsgrade eingeführt.

[Man darf z. B. von einer zehnfachen Sicherheit gegenüber der statischen Last dann sprechen, wenn der Bruch des Systems erst bei einer Sandbelastung aller Flügel gleich dem zehnfachen Eigengewicht eintritt. Es entspricht nicht dem technischen Sprachgebrauch bei zehnfacher Sicherheit ein Halten der Konstruktion unter zehnfacher Last zu verstehen, was ja auch ein sehr unbestimmter Begriff wäre.

Die Bemessung des Sicherheitsgrades nach dem Eigengewicht ist zwar bequem, jedoch nicht ganz logisch. Zur Beurteilung des Sicherheitsgrades im technischen Sinne sind offenbar alle denkbaren Belastungen (Kap. 1) heranzuziehen. Dann natürlich darf

man nicht mehr eine zehnfache Sicherheit verlangen, sondern erfahrungsgemäß genügt bei diesem Ansatz eine dreifache Sicherheit im obigen Sinne, bei der die Konstruktionen nicht zu schwer werden und die Spannungen den Baustoff auch [nicht allmählich schädigen.]

Die erstrebenswerte Sicherheit ist, wie oben auseinandergesetzt, diejenige, bei der alle Spannungen unter der Elastizitätsgrenze bleiben, d. h. keine bleibenden Formänderungen nach der Entlastung zurückbleiben.

Diese Forderung ist im Augenblick bei keiner Flugzeugkonstruktion erfüllt, da überall Verbindungsteile verwendet werden, die sich allmählich strecken, wie z. B. die Drahtösen, die Bolzenlöcher in Holz, die Stahlkabel und die Stoffbespannung.

Eine Belastungsprobe mit der wirklichen Betriebslast zu dem Zweck die Größe der bleibenden Formänderungen als Maßstab der Güte zu nehmen, wie sie im Brückenbau üblich ist, ist hier also nicht angängig.

Eine Belastungsprobe mit einem Vielfachen der größten Betriebslast bleibt demnach nur übrig. Diese kann entweder bis zum Bruch erfolgen oder früher aufhören. In dem letzteren Fall hat man dann keine Sicherheit dafür, daß das System nicht geschädigt und gerade durch die Belastungsprobe gefährlich für den Betrieb geworden ist. Ein so geprüftes Fahrzeug sollte also nicht wieder verwendet werden.

Mit dieser Bedingung wird aber die Belastungsprobe auch eine starke Belastung des Geldbeutels desjenigen, der dafür aufzukommen hat, und wirtschaftlich nur denkbar bei einer Verteilung der Belastungsprobe eines Typs auf viele in Gebrauch genommene Exemplare. Sie ist dann aber am zweckmäßigsten bis zum vollständigen Bruch fortzusetzen, und man hat durch sie einen gewissen Anhalt dafür, wie groß etwa die Betriebsbelastung werden darf, wenn man eine große Lebensdauer des Apparats verlangt.

Sollten wir zu vollkommen elastischen Konstruktionen ohne bleibende Durchbiegung kommen, so würde die Belastungsprobe an zahlreicheren Exemplaren und ohne Schädigung derselben vorgenommen werden können.

Ein Rückblick auf die obigen Darlegungen zeigt:
daß wir die Betriebsbelastungen eines Flugzeugs der Größenordnung nach schätzen können, daß aber weitere Messungen der auftretenden Belastungen nötig sind; daß wir die Spannkräfte und Spannungen für den verschiedenen Aufbau der Flugzeuggerippe ohne Schwierigkeit erledigen können, wobei einige Punkte als besonders lebenswichtig zu betonen waren.

Eine Zusammenstellung von Berechnungsbeispielen der verschiedenen Flugzeugtypen vom Belastungsschema bis zum Knotenpunktsdetail wäre eine nützliche Aufgabe.

Wir haben ferner gesehen, daß verschiedene übliche Konstruktionseinzelheiten sich aus dem jungen Stande der Technik und den geringen Lieferungsmengen erklären, aber durchaus verbesserungsfähig sind.

In dieser Hinsicht möchte ich vorschlagen, daß die verschiedenen, in unserer Gesellschaft vertretenen Materialprüfungslaboratorien planmäßige Versuchsreihen

über die Festigkeitseigenschaften von Flugzeugbaustoffen und deren Verbindungsteilen vornehmen und der Gesellschaft hierüber berichten.[1])

Die Auswahl hervorragender Materialsorten für den Flugzeugbau wird umso größeren Nutzen bringen, je mehr wir die zulässige Spannung nach den verschiedenen Festigkeitseigenschaften derselben abzustufen in der Lage sind. Hier fehlt noch eine planmäßige Verknüpfung von Elastizitätsmodul, Elastizitätsgrenze, Bruchgrenze, Brucharbeit und Kerbschlagprobe einerseits und zulässiger Spannung andererseits.

Belastungsproben ganzer Apparate im augenblicklichen Stande der Technik haben nur Wert, wenn sie bis zum Bruch fortgesetzt werden. Eine so kostspielige Forderung kann nur bei Abnahme vieler Apparate gestellt werden.

Ein Fortschreiten der Technik zu einem Aufbau ohne bleibende Durchbiegung unter Betriebslast wird eine wirtschaftlichere Durchführung der Belastungsprobe ermöglichen.

Diskussion.

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr.-Ing. **Barkhausen**-Hannover:

Unter den äußeren, die Steuerung beeinflussenden Wirkungen ist auch die der Schraube als Kreisel aufzuführen. Ist die Schraube von hinten gesehen rechtsläufig, und geht das Flugzeug aus dem Gleitfluge in die Wagerechte über, so beschreibt das Flugzeug einen mit dem Seitensteuer abzusteuernden Bogen nach rechts; wird das Flugzeug bei derselben Drehrichtung der Schraube nach rechts gesteuert, so kippt es vorn nach unten, was ein Aufrichten mit dem Höhensteuer bedingt. Allgemein entsteht also durch die Schraube eine gegenseitige Beeinflussung von Seiten- und Höhensteuer, die den Flugzeugführer überrascht, wenn er seine Aufmerksamkeit nicht darauf richtet.

Fabrikbesitzer **Aug. Euler**-Frankfurt-Main:

Der große Wert der Ausführungen des Herrn Prof. Reissner liegt für mich als Praktiker darin, daß er sich die Aufgabe gestellt hat, eine Basis zu finden, auf welcher man rechnerisch an die einzelnen Konstruktionsmomente herantreten kann. Darin sehe ich ein außerordentliches Verdienst. Die in dieser Richtung vorhandenen Werte und Richtungen sind bis heute noch sehr gering bzw. unzuverlässig. Auf die einzelnen Ausführungen möchte ich erwidern:

Wenn Herr Prof. Reissner sagt, daß das Abfangen einer Flugmaschine in 40 m geschehen müsse, so ergibt sich daraus, daß der Ermittlung dieser Zahl eine verhältnismäßig sehr schwere Flugmaschine zugrunde gelegen hat. Das Abfangen überhaupt setzt für mich schon eine schwere Flugmaschine voraus. Wenn Herr Prof. Reissner die Gleitfluggeschwindigkeit einer solchen Flugmaschine auf 140 km Stundengeschwindigkeit festsetzt oder eine solche vermutet, so glaube ich auch, daß hier nur eine schwere Flugmaschine gemeint sein kann. Ebenso läßt mich der von Herrn Prof. Reissner angenommene Winkel von 45° vermuten, daß er bei Er-

[1]) Anfänge hierzu sind in den systematischen Arbeiten der Herren R. Baumann und Weber über Holz, Aluminium und Schweißproben bezw. über Ballonstoffe vorhanden.

mittlung dieses Winkels eine sehr schwere Flugmaschine im Auge hatte. Die Flugzeuge haben heute eine Eigengeschwindigkeit von 70—120 km/St.; wenigstens sollte man nur diese Eigengeschwindigkeiten bei der Beurteilung solcher Fragen zurzeit ins Auge fassen. Die Gewichte dieser Flugmaschinen schwanken zwischen 250 kg bis 5—600 kg Eigengewicht ohne Betriebsstoffe. Nach meinen Erfahrungen hat eine Flugmaschine von einem Eigengewicht von 250—300 kg einen Abfang selbst mit Passagier und mit größeren Mengen Betriebsstoff nicht nötig. Ein verhältnismäßig flacher Gleitflug geht bis ganz dicht an die Erde heran, und in der Höhe von 4—6 m allmählich durch geschickte Betätigung der Höhensteuerung in die Horizontale über. Eine solche leichte Flugmaschine hat auch bei einer Eigengeschwindigkeit von 100 km/St. ordentlich im Gleitfluge zur Erde gesteuert höchstens eine Gleitfluggeschwindigkeit von 40—50 km/St. Die mit einer solchen Gleitfluggeschwindigkeit zur Erde gebrachte Maschine wird die ungefähre Richtigkeit der von mir gesagten Zahlen beweisen durch einen verhältnismäßig sehr kurzen Auslauf, den sie dann auf der Erde noch hat.

Bezüglich der Frage der Querschnitte, welche Herr Prof. Reissner in so dankenswerter, eingehender Weise berührt hat, möchte ich darauf hinweisen dürfen, daß zurzeit notwendigerweise gewisse Anforderungen an die Flugmaschine gestellt werden müssen, welche bezüglich der Größenverhältnisse der Maschinen bestimmte Maße unüberschreitbar machen, auch die Gewichte begrenzen. Insbesondere werden Bedingungen gestellt an die Kürze des Anlaufs, des Auslaufs und der Steigfähigkeit.

Und so wünschenswert es wäre, mit ganz außerordentlich hohen Sicherheitskoeffizienten zu rechnen, so muß doch zurzeit, ich möchte sagen leider, den gesagten Anforderungen, welche an solche Maschinen gestellt werden, deshalb Rechnung getragen werden, weil die Landesverteidigung gewissermaßen notwendigerweise solche Bedingungen stellen muß.

Professor **Baumann**-Stuttgart:

Die Berechnungen, die Herr Reissner betreffs Mehrbeanspruchung durch die Zentrifugalkraft angestellt hat, sind offenkundig primitiver Natur. Es ist mit konstanter Geschwindigkeit, mit Bewegung auf einer Kreisbahn usw. gerechnet, was sicher den wirklichen Verhältnissen nicht entspricht, wo vielmehr immer die Frage sein wird, ob die Tragflächen nach Maßgabe ihrer Profilierung usw. in der Lage sein werden, die errechneten Auftriebe herzugeben; ist das nicht der Fall, so sackt die Maschine durch, die Flugbahn wird eine andere. Es ist nun immer eine ziemlich komplizierte Sache, in einem solchen Fall eine genauere Rechnung anzustellen, in den wenigsten Fällen wird dabei zahlenmäßig die Wirkung der Tragflächen bei verschiedenem Anstellwinkel, Geschwindigkeit usw. bekannt sein. Um diese Schwierigkeiten zu umgehen, habe ich versucht, die auftretenden Massenkräfte experimentell zu bestimmen. Ich möchte an dieser Stelle noch keine näheren Angaben machen oder mich bezüglich der Resultate verbindlich äußern. Nur soviel sei gesagt, daß eine kleine Masse, deren Massendrücke registriert werden, mit dem Flugzeug verbunden ist. Ich bin dann so steil, als ich es für zulässig hielt, bei laufendem Motor nach unten gegangen und habe dicht über dem Boden das Flugzeug abgefangen, um so steil, als es mir zulässig erschien, wieder aufzusteigen. Dabei habe

ich Kräfte bis jetzt vom $2\frac{1}{2}$ fachen des Gewichts konstatiert. Wie man aber sieht, ist der Vorgang durchaus individuell und abhängig von der Art der Steuerung.

Was die Belastung der Tragdecken von oben anlangt, so möchte ich mich doch nicht den Ausführungen von Herrn Reissner anschließen. Ich kann mir nicht denken, daß eine Steuerung in der von ihm angegebenen Art im allgemeinen vorgenommen wird, und zwar wird der Flugzeugführer ein solches Steuern schon in Rücksicht auf seine Person vermeiden. Die errechnete Zentripetalkraft wird zwar auf das Flugzeug, aber nicht auf den Körper des Piloten ausgeübt, er würde also, wenn er sich nicht festhält, aus dem Sitz fallen. Ehe es wirklich soweit kommt, wird er deshalb zweckmäßig anders steuern. Tritt eine Beanspruchung des oberen Hängewerks bei Eindeckern ein, so rührt das meines Erachtens daher, daß die Druckverteilung über einen Flügel auch bei kleinem Anstellwinkel so sein kann, daß die Vorderkante Druck von oben bekommt, während die hinteren Partien Druck von unten haben. (Soll ein Schweben dabei möglich sein, so muß der Druck auf die Hinterseite um den Druck auf die Vorderkante größer als das Gewicht sein.) Da die Torsionsfestigkeit des Flügels nur durch die getrennten Hängewerke des vorderen und hinteren Holms bedingt ist, der Flügel aber im allgemeinen in dieser Richtung nachgiebig ist, so wird der vordere Holm, wenn er in der Vorderkante oder nahe bei ihr liegt, für sich herabgedrückt, also das obere Hängewerk auf Zug beansprucht.

Was die Kreiselwirkung anlangt, so kommt sie für die Festigkeitsrechnung in diesem Zusammenhang kaum in Betracht, und zwar deshalb, weil, soweit meine Kenntnis reicht, stets die von den Steuern ausgeübten Momente ausreichen, um die Kreiselwirkung auszuschalten. Die Festigkeit der Maschine muß aber ohne Rücksicht auf Kreiselwirkung so bemessen sein, daß sie die Steuermomente aufzunehmen vermag.

Die Forderung, schließlich mit einer über die Flügel gleichmäßig verteilten Last zu rechnen, kann nur für Rechtecksflächen mit konstantem Anstellwinkel gelten, während eine sinngemäße Rechnung für Flächen mit veränderlichem Anstellwinkel oder Veränderlichkeit der Flügelbreite usw. natürlich anders durchzuführen ist.

Professor Schütte-Danzig-Langfuhr:

Der Erfolg eines Verkehrsmittel hängt in der Hauptsache von zwei Dingen ab, von seiner technischen Vollkommenheit und von der Geschicklichkeit und Zuverlässigkeit des Bedienungspersonals. — Die Zeiten, wo sich viele berufen fühlten, Flugzeuge und Luftschiffe zu konstruieren, sind vorüber. Mancher Unfall mit Todesfolge muß auf mangelhafte Ausführung der Apparate zurückgeführt werden. Erfreulicherweise haben Flugzeug- und Luftschiffbau in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht, hierfür dürften Ila und Ala die besten Beweise liefern. Die soliden und zuverlässigen Ausführungen sind zum Teil durch eingehende Materialprüfungen gewonnen worden. Wenn auch Herr Kollege Reissner meint, daß solche Prüfungen wegen ihrer großen Kosten nur von größeren Betrieben ausgeführt werden können, so sollten doch auch kleinere Betriebe dieser Frage nähertreten, und ich bin überzeugt, daß es in vielen Fällen geschieht, um die wünschenswerte Sicherheit garantieren zu können.

Bei der Vornahme von Materialprüfungen genügt es bekanntlich nicht, das betreffende Material einmal bis zum Bruch zu belasten und hierbei seine Änderungen zu beobachten; es muß vielmehr möglichst denjenigen Bedingungen unterworfen werden, denen es im späteren Betriebe tatsächlich ausgesetzt ist. Ganz besondere Sorgfalt ist auf die Montage zu legen. Ich habe wiederholt beobachten können, daß z. B. in einem System von Spanndrähten der eine oder andere Draht bis zum Klingen steif gesetzt war. Dies ist unzulässig; denn solche Drähte werden zunächst reißen und dadurch unter Umständen den Zusammenbruch des ganzen Systems herbeiführen. Ein großer Feind unserer Konstruktionen sind die Erschütterungen, Schwingungen und ihre Resonanzen. Bei Propellerproben an betriebsfertigen Aggregaten sollte man daher die Versuche über viele Stunden ausdehnen.

Dr.-Ing. **Bendemann**-Adlershof.

Die Berechnung der größten Flügelbeanspruchungen, welche beim Abfangen der im Gleitflug erlangten Geschwindigkeit auftreten können, sollte meines Erachtens davon ausgehen, daß der Flugführer durch unvorhergesehene Störungen manchmal zu unvernünftig plötzlichen Steuerbewegungen veranlaßt wird. Man sollte also das Maximum der Kraft zugrunde legen, die bei plötzlichem Aufdrehen in die Horizontallage auftreten kann. Das scheint mir auf erheblich höhere Sicherheitsfaktoren zu führen als der Reissnersche Ansatz, der voraussetzt, daß der Übergang allmählich auf einen Bogen von angenommener Höhe stattfindet.

Dipl.-Ing. **Grulich**-Johannisthal:

Herr Prof. Reissner kommt rechnerisch zu dem Ergebnis: „Es scheint aber, als ob schnelle Apparate eine geringere Überbeanspruchung durch Wind zu erfahren hätten als langsame“ und fügt hinzu: „Dies entspricht nicht immer der Empfindung des Piloten.“ Ich möchte sagen: „Das entspricht nicht der Wirklichkeit.“ Ich habe wiederholt schnelle Apparate bei ziemlich böigem Winde geflogen und gespürt, daß sie sehr starke Stöße bekamen. Diese Stöße waren manchmal so hart, daß man hätte denken können, es schlüge jemand mit Knüppeln gegen die Tragflächen. Die durch Böen hervorgerufenen Überbeanspruchungen sind sicher bei schnellen Apparaten höher als bei langsamen. Ich erkläre mir diese Tatsache so: Bei langsamen Apparaten wirkt die Böe längere Zeit auf die Tragfläche als bei schnellen Apparaten. Bei ersteren hat also die Böe Zeit, die stark elastische Tragfläche elastisch durchzubiegen. Bei letzteren dagegen ist die Zeit, innerhalb der die Böe wirkt, viel kürzer, die Tragfläche hat daher keine Zeit, sich elastisch zu biegen. Dadurch entsteht der harte Stoß.

Ein weiterer Grund, warum die schnellen Apparate stärkere Überbeanspruchungen durch Stöße erfahren, die durch Böen hervorgerufen werden, ist der, daß der schnelle Apparat größere Trägheit besitzt. Sowohl infolge seiner größeren Geschwindigkeit als auch seiner größeren Masse — denn die größere Geschwindigkeit wird meistens durch stärkere und schwerere Motoren hervorgerufen — wird der schnelle Apparat weniger durch eine Böe aus seiner Lage gebracht als ein langsamer. Also auch aus diesem Grunde wirkt die Böe bei schnellen Apparaten mit viel härterem Stoß auf die elastischen Tragflächen als bei langsamen Apparaten.

Bei schnellen Apparaten wird man daher die Überbeanspruchungen der Tragflächen durch Böen sehr stark vermindern, wenn man sie stark elastisch herstellt.

Dipl.-Ing. **Kober**-Friedrichshafen i. B.:

Herr Reissner bedauert, Angaben über das gegenseitige Belastungsverhältnis der oberen und unteren Tragfläche eines Doppeldeckers nur bei Eiffel gefunden

Tabelle

Zwei Tragflächen senkrecht übereinander in verschiedenen Abständen h, bezogen auf die Tragflächentiefe l.

Gegenseitiger Höhenabstand h vergl. mit der Flächentiefe l	Vertikaldruck auf die obere Fläche in/g	Vertikaldruck auf die untere Fläche in g und in Proz. des Druckes auf die obere Fläche	$^1/_2$ Vertikaldruck beider Flächen zusammen in g und verglichen mit einer einzigen (Eindecker-) Fläche (3000 g)	Prozentuale Druckänderung gegenüber h = l (zu 100 % angenommen)
h = 0,85 l	2572	2298 = 89,4 %	2435 = 81,2 %	97,2 %
l	2636	2371 = 90,0 %	2504 = 83,3 %	100 %
1,2 l	2665	2458 = 92,3 %	2562 = 85,4 %	102,3 %
1,3 l	2687	2497 = 92,9 %	2592 = 86,4 %	103,5 %
1,5 l	2723	2560 = 94,0 %	2642 = 88 %	105,6 %
1,7 l	2750	2590 = 94,6 %	2671 = 89 %	106,7 %
2 l	2773	2652 = 95,7 %	2712 = 90,2 %	108,3 %

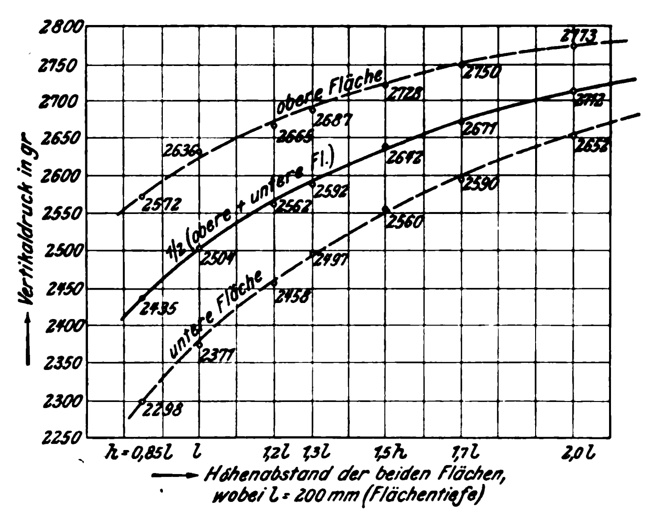


Fig. 9.

zu haben. Nach Eiffel beträgt die Mehrbelastung der oberen gegenüber der unteren Tragfläche 20 %.

Ich habe im Jahre 1910/11 für Graf Zeppelin in der 133 m langen Manzeller Halle Modellwagenversuche über das gegenseitige Verhalten übereinanderliegender aus 1 mm starkem, vorn und hinten zugespitztem Aluminiumblech hergestellter Tragflächen (Modelle von 600 mm Breite, 200 mm Tiefe, $^1/_{17}$ Wölbung und unter einem Neigungswinkel von + 10° zum Horizont bei 20 m/sec Modellwagengeschwindigkeit) angestellt und gefunden, daß bei einem Tragflächenabstand = der Tragflächentiefe der halbe Auftrieb beider Doppeldeckerflächen 83½ % des Auftriebes einer einzigen (Eindecker-) Fläche beträgt, d. h. der Tragflächenwirkungsgrad des Zweideckers beträgt im vorliegenden Falle 83½ % gegenüber dem des Eindeckers.

Das gegenseitige Verhalten der Drücke auf beide Tragflächen gibt vorstehende Tabelle (s. S. 27):

Der Verlauf der Kurven der Vertikaldrücke ist ein sehr guter.

Nach diesen Versuchen beträgt bei + 10° Einstellungswinkel zum Horizont und bei $^1/_{17}$ Tragflächenwölbung bei dem üblichen Höhenabstand h = l die Mehrbelastung der oberen gegenüber der unteren Tragfläche nur 10,1 % gegenüber 20 % bei Eiffel.

Da meine Messungen gute Übereinstimmung und Gesetzmäßigkeit ergaben — es wurden stets mindestens 10 Messungen für die gleiche Versuchsanordnung gemacht und dann der Durchschnitt bestimmt; die Maximal- und Minimalwerte weichen von den Durchschnittswerten bei den Versuchen mit zwei Tragflächen 1,5—2 % ab — muß Eiffel jedenfalls andere Verhältnisse seinen Versuchen zugrunde gelegt haben.

Oberingenieur **Hirth,** Techn. Direktor der Albatros-Werke:

Die Kreiselwirkung eines rotierenden Flugzeugmotors macht sich nur in der Rechtskurve unangenehm bemerkbar, wenn der Motor so angeordnet ist, daß er sich vom Führersitz aus gesehen nach rechts dreht.

Ich flog eine Rumplertaube mit 70-PS-Gnôme-Motor; gewarnt durch Gerüchte, die aus Frankreich kamen, versuchte ich vorsichtig in großer Höhe zuerst Linkskurven, die ohne irgendwelche Störung bis 55° Schräglage ausgeführt wurden. Weniger gern legte sich das Flugzeug nach rechts, und da kam es nun vor, daß einmal früher, einmal später ein plötzliches Kippen nach rechts eintrat, das mich unangenehm überraschte.

Zu der Ausführung der Berechnung des Hängewerks eines Flugzeuges führe ich folgendes Beispiel an: Als junger Flieger unternahm ich aus Sensationslust einen sehr steilen Gleitflug, der so steil war, daß ich mich mit der linken Hand nach vorn abstützen mußte, um nicht von meinem Sitz zu rutschen. In 80 m Höhe wollte ich den Gleitflug flacher gestalten, doch nur mit der ganzen Aufbietung der mir zur Verfügung stehenden Körperkraft gelang es mir, das Höhensteuer an mich zu ziehen. Die Bewegung des Höhensteuers war ein kurzer starker Ruck, so daß ich fürchtete, es sei ein Draht gerissen. Auf diesen Ruck richtete sich das Fahrzeug zur Horizontallage auf, setzte aber seinen Fall fort, bis auf ca. 20 m vom Boden, um mit einem glatten, flachen Gleitfluge zu landen.

Ich möchte hier anführen, daß ein Flugzeug, dessen Masse weit vom Druckmittelpunkt entfernt liegt, durch die Massenbeschleunigung die einmal angenommene Richtung beibehält, bis seine erhöhte Geschwindigkeit abgebremst ist. Aus guter französischer Quelle habe ich erfahren, daß Versuche, bei denen Dynamometer zwischen die Aufhängekabel eines Eindeckers gehängt wurden, bei sehr starken Böen die neunfache Überlastung ergeben haben. Eine zehnfache Sicherheit der Flügel sowie deren Aufhängung bei Eindeckern erscheint mir deshalb nicht genügend.

Professor **M. Weber**-Hannover:

Ich sehe den Wert der Ausführungen des Herrn Vortragenden weniger im Zahlenmäßigen als im Methodischen und fasse die von ihm der Berechnung zugrunde gelegten kreisförmigen Bahnen bei einem Abwärtsflug in lotrechter Ebene mehr als beispielsweise gewählte, noch nicht endgültige auf. Es kommt dann vor allem darauf an, daß diejenigen noch als zulässig geltenden Bahnformen für den Abwärtsflug ermittelt werden, die in ungünstigen Fällen die größten Werte für die von unten wirkenden Belastungskräfte und also auch die größten lotrechten Beschleunigungen — das sind hier Verzögerungen — ergeben. Herr Professor Baumann hat vorgeschlagen, zur Ermittelung dieser größten Belastungskräfte — z. B. beim Abfangen eines Flugzeugs kurz vor dem Landen — einen Beschleunigungsmesser zu benutzen. Anstatt die Beschleunigung durch einen Apparat zu bestimmen, könnte man sie auch auf kinematischem Wege in folgender Weise ermitteln: Man legt durch kinematographische Aufnahme die Bahn des Flugzeugs fest und gewinnt damit zugleich — wegen der gleichen zeitlichen Abstände der Einzelbilder — die Zeitteilung auf der Bahn in so dichter Folge, daß die Geschwindigkeiten und Beschleunigungen sich leicht auf graphischem Wege herleiten lassen. Dieses Verfahren hat schon durch den wissenschaftlichen Begründer der Kinematographie, durch Marey, Bürgerrecht in der Flugwissenschaft erworben, der mittels desselben die Auftriebs- und Vortriebskräfte eines fliegenden Vogels analysierte.

Was die Berechnung der Holme der Tragflächen betrifft, so weise ich darauf hin, daß sich die Berechnung anders gestaltet, je nachdem bei dem Flugzeuge

a) Vorder- und Hinterholm fest eingespannt und starr sind, oder ob
b) Vorderholm fest eingespannt und starr, Hinterholm fest eingespannt und elastisch, oder ob
c) Vorderholm fest eingespannt und starr, Hinterholm gelenkig befestigt, oder ob
d) nur ein fester Vorderholm vorhanden ist und der Hinterholm fehlt, wie bei den Bréguet-Tragflächen und den Vogelflügeln.

Dieser unterschiedlichen Stützung der Tragflächen entsprechend muß sich auch die Berechnung der beiden Holme anpassen. Bei nachgiebigem, bei gelenkig gelagertem und bei fehlendem Hinterholm wird im allgemeinen der Vorderholm auf Biegung und Verdrehung in Anspruch genommen.

Soll die Öse an den Spanndrähten beibehalten werden, so muß sie unbedingt dieselbe Sicherheit erhalten, wie sie für die übrigen Teile der Tragfläche als notwendig erkannt wird. Andernfalls verstößt man gegen folgenden, allgemein bewährten Grundsatz des Konstruierens: Die Sicherheit einer Anordnung darf nicht

nach der Güte, sondern nach der Schwäche der einzelnen Teile beurteilt werden. Denn jede Konstruktion ist so stark wie ihr schwächster Punkt; das ist beim heutigen Flügzeug noch immer die Öse.

Professor v. **Parseval**-Charlottenburg:

Der Aufstellung des Vortragenden, wonach die Festigkeit eines Flugzeuges so hoch bemessen sein muß, daß eine Tragflächenbelastung gleich dem $5\frac{1}{2}$ fachen des Gewichtes noch zulässig ist, scheint etwas weit zu gehen. Es wird nicht leicht vorkommen, daß die angenommenen ungünstigen Faktoren gleichzeitig mit ihrem höchsten Betrage zusammenkommen.

Für solche extremen Fälle kann man ein Flugzeug nicht konstruieren.

Die Höchstbelastung der Tragflächen im Fluge ergiebt sich aus der Formel

$$B = 0{,}075 \, . \, v^2,$$

wobei v die möglicherweise auftretende größte Fluggeschwindigkeit ist.

Professor **Romberg**-Charlottenburg:

M. H. Ich möchte mit wenigen Worten Ihre Aufmerksamkeit auf eine Beanspruchung des Flugzeugs lenken, die mir nicht unwesentlich zu sein scheint. Sie tritt z. B. auf bei folgendem Vorgang im Betriebe des Fahrzeugs. Der Fahrer geht zum Gleitflug über, wobei er den Motor abstellt. Kurz vor dem Landen etwa läßt er den Motor wieder voll angehen. Dabei treten dann, infolge der Eigenart des Motors, scharf anzuspringen, unter Umständen sehr plötzlich starke Antriebskräfte auf und hierdurch, in Verbindung mit der Massenträgheit des Flugzeuges Formänderungsarbeiten, denen nicht unerhebliche Beanspruchungen entsprechen werden. Ich möchte hier an die Analogie mit dem Wasserfahrzeuge erinnern. Es ist bekannt, daß leicht gebaute Rennbote durch die erwähnten Kräfte so stark beansprucht werden, daß Verbände und Außenhaut Schaden leiden.

Prof. **Friedländer**-Hohe Mark:

Ich möchte, obwohl seine Anfrage nur in losem Zusammenhange mit dem Thema steht, angeregt durch die Ausführungen des Herrn Hirth, die Praktiker um eine Auskunft bitten bezüglich einer Frage, über welche ich schon häufig nachdachte.

Ein schmaler Steig, an dessen rechter Seite sich ein Abgrund, an dessen linker Seite sich eine Felswand befindet, ist für die meisten leichter zu überwinden, als wenn die örtliche Anordnung umgekehrt ist.

Ein Ruderer, der nicht sehr gut ausgebildet ist, wird mit dem rechten Ruder meist tiefer eintauchen als mit dem linken, wenn er Rechtshänder ist.

Diese und andere Tatsachen hängen nicht nur mit der stärker entwickelten Muskulatur der rechten Seite zusammen, sondern auch mit der dominierenden Stellung der einen Gehirnhälfte (der linken bei Rechtshändern). Neben dem Momente der physischen Kraft spielen auch die der Erfahrung, Übung, Hemmung usw. — also psychische — eine große Rolle. Die Anfrage an die Praktiker geht nun dahin, ob sie auch bei den Luftfahrten die Beobachtung machten, daß die rechte Körperhälfte (beim Geradeausfliegen und besonders beim Nehmen von Kurven) überwiegt.

Grulich-Johannisthal:

Bei Flügen, die ich selbst ausgeführt habe, habe ich bei mir nie bemerkt, daß Rechtskurven leichter zu fliegen waren als Linkskurven. Auch von Flugschülern

habe ich davon nicht gehört. Wenn man hört, daß die erste Rechtskurve dem Flugschüler etwas unbequem ist, so hat das seinen Grund nicht darin, daß die linke Körperhälfte besser für das Fliegen veranlagt ist, sondern darin, daß wegen der Flugplatzordnung meistens auf den Flugplätzen links herum geflogen wird und der Schüler daher zuerst Linkskurven fliegen lernt. Meiner Erfahrung nach arbeitet an und für sich aber die rechte Körperhälfte beim Fliegen ebensogut wie die linke. Das hindert nicht, daß die meisten Flieger lieber Linkskurven fliegen als Rechtskurven, weil sie Linkskurven wegen der Flugplatzordnung häufiger fliegen, darin also mehr Übung haben.

Obering. **Hirth**-Johannisthal:

Ich möchte über Rechts- und Linkskurven ausführen, daß es für den Flieger ganz gleichgültig ist, wenn er mit einem stehenden Motor Rechts- oder Linkskurven fliegt. Es wird beim Lernen auf den Flugplätzen fast ausschließlich links herum geflogen, daher mag manchem die Rechtskurve ungewohnter und deshalb schwieriger erscheinen.

Prof. **Reissner**-Aachen:

In bezug auf die Frage nach dem Unterschiede zwischen Rechts- und Linkskurvennehmen bei rotierenden Zylindern habe ich auf einem Farmanapparat mit Gnôme-Motor Erfahrungen sammeln können.

Ich hatte immer das Gefühl, daß man in der Rechtskurve stärker das Höhensteuer herunterdrücken mußte, als man in der Linkskurve heraufzog. Mechanisch konnte ich mir das nie recht erklären. Ob vielleicht die Vermutung, daß der Wirbel des Propellerstromes auf die in der Kurve schrägliegenden Seitensteuer hebend bzw. drückend wirkt, sich rechtfertigen läßt, habe ich nicht weiter verfolgen können.

Geh. Rat **Barckhausen**-Hannover.

Wegen der unvermeidlich zahlreichen Spann- und Hänge-Drähte der Flugzeuge entsteht große Unsicherheit bezüglich der Bestimmung der Spannkräfte, wenn die Anordnungen statisch unbestimmt gemacht werden; das trifft namentlich bei der Aufhängung der Tragflächen eines Eindeckers mit vielen Drähten nach einem Punkte zu; die Verhältnisse der Fachwerkträger eines Zweideckers sind in dieser Hinsicht günstiger. Hieraus läßt sich die größere Empfindlichkeit der Eindecker erklären, bei denen leicht Entlastungen einzelner und Überlastungen anderer Drähte vorkommen können. Bei rechnungsgemäßem Zustande beider Arten von Flugzeugen sind die größten Spannkräfte beider annähernd gleich. Wahrscheinlich würden die Eindecker widerstandsfähiger werden, wenn man die Mittel zur Minderung des Grades der statischen Unbestimmtheit verwendete, die beispielsweise bei der Verspannung der hohen Funkentürme in Frage gekommen sind. Bei Hängebrücken hat man die statisch unbestimmte Verspannung wegen der Unklarheit der Kräfteverteilung aufgegeben.

Die Öse hat sich auch in anderen Zweigen der Technik als wenig leistungsfähiges Verbindungsmittel erwiesen, ihre vorläufig noch nicht überwundene Verwendung in der Zugvorrichtung der Eisenbahnwagen ist der Grund, weshalb man dieser nicht den erwünschten Grad von Leistungsfähigkeit geben kann, ohne sie zu schwer zu machen.

Bei der Ausbildung der Knotenpunkte in Holz wird vielfach nicht genügendes Gewicht auf die Vermeidung zu großer Scherspannungen entlang der Holzfaser gelegt.

Bei schwachen Holzholmen bilden durchgehende Bolzen eine beträchtliche Gefahr wegen erheblicher Minderung des Querschnittes; sie werden besser durch Klemm- oder Schrumpf-Schellen ersetzt.

Prof. **Baumann**-Stuttgart:

Zum statischen Aufbau und der statischen Berechnung möchte ich bemerken, daß das teilweise Mißtrauen gegen die Hängewerke bei Eindeckern nur in Rücksicht auf folgendes zum Teil gerechtfertigt erscheint:

Die Winkel, unter denen die Spanndrähte angreifen, sind im allgemeinen klein. Tritt nun eine Längung der Spanndrähte infolge Nachziehens der Befestigung, Ösen usw. ein, so bewirkt eine solche Längung gleich eine sehr beträchtliche Verkleinerung des an sich schon kleinen Winkels und damit eine Erhöhung der Beanspruchung in den Zugorganen, die unter Umständen ein Vielfaches der ursprünglichen Beanspruchung darstellen kann.

Es kommt hinzu, was ich zuvor über die Torsionsfestigkeit der Tragflächen bei Hängewerkskonstruktionen sagte.

Zu den Ausführungen von Herrn Weber möchte ich berichtigend bemerken, daß ich falsch verstanden wurde. Ich bezweifle natürlich nicht, daß, wenn man eine einwandfreie Berechnung für das Abfangen eines Gleitflugs aufstellt und aufstellen kann, eine Übereinstimmung zwischen Versuch und Rechnung erreicht wird. Ich ziehe aber hier zunächst den Versuch einer unsicheren Rechnung vor.

Ltn. **Förster**, Berlin-Schöneberg:

1. Die von Herrn Prof. Reissner uns in der Diskussion gebrachten Sätze beziehen sich nur auf Flugzeuge mit feststehenden Flügeldecken und mit zwei Holmen. Es ist sicherlich von Interesse, darauf hinzuweisen, daß die Franzosen im Bréguet-Doppeldecker ein in dieser Beziehung abweichendes Flugzeug besitzen. Beim Bréguet sind die Flügeldecken um den im ersten Drittel liegenden Holm automatisch drehbar. (Siehe Skizze.)

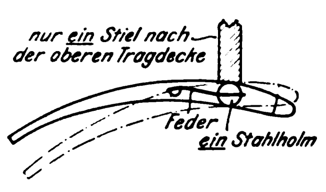


Fig. 10.

Die Flügel stellen sich selbständig — je nach der Geschwindigkeit des Flugzeuges, d. h. je nach der Größe des Luftdrucks — flacher oder steiler ein. Es wird hierdurch ein außerordentlich flacher Gleitflug (1: 10, d. h. 12,00 km Gleitlänge aus 1200 m Höhe) ermöglicht, widerspricht also der Ansicht des Herrn Euler, daß nur leichte Flugzeuge flach zu gleiten vermögen, da der Bréguet ohne Besatzung und Betriebsstoffe 830 kg wiegt, also zu den schweren Flugzeugen gehört.

2. In der Kurve wird der innere Flügel — da er sich langsamer fortbewegt — nach unten gedreht, während der schneller herumkommende äußere Flügel sich streckt; der verschiedenartigen Beanspruchung trägt also die Konstruktion Rechnung. Ein Aufrichten in der Kurve ist also, wie Herr Professor v. Parseval meint, nicht nötig; im übrigen auch nicht bei Flugzeugen mit starren Flügeldecken, solange die notwendige Geschwindigkeit des Flugzeuges vorhanden ist;

bei starken Kurven muß man im Gegenteil das Flugzeug mittels der Verwindung hineinlegen.

3. Die vielfach angefeindete Drahtöse hat sich bei der Fliegertruppe gut bewährt.

4. Das Fliegen einer Linkskurve ist beliebter als das der Rechtskurve, weil erstere von Anfang an gelehrt wird; die Veranlagung des Menschen ist meiner Ansicht nach für beide Richtungen gleich.

Geheimrat Prof. **Scheit**-Dresden:

Man darf nicht so weit gehen, die Öse als grundsätzlich unzulässiges Konstruktionsglied zu bezeichnen. Dieselbe erscheint vielmehr sehr wohl brauchbar, ja sie ist, wie meine Versuche gezeigt haben, sogar gewissen Spannschlössern überlegen. Vorbedingung ist naturgemäß, daß bei der Formgebung Überanstrengungen des Materials vermieden werden und von vornherein geeignetes Material vorausgesetzt wird. Als solches kann aber das vorhin erwähnte Material mit sehr hoher Zugfestigkeit, aber verschwindend kleiner Dehnung nicht bezeichnet werden.

Dipl.-Ing. **Grulich**-Johannisthal:

Wenn es auch im allgemeinen zweifellos richtig ist, wenn Herr Prof. Reissner vorschlägt, die Erhöhung des Sicherheitsgrades durch Verstärkung der Verbindung, nicht durch Vervielfachung derselben anzustreben, so möchte ich doch davor warnen, darin zu weit zu gehen. Z. B. sollte man bei der sehr gebräuchlichen Art der Aufhängung der Tragflächen von Eindeckern durch je 4 oder 6 Drähte oder Stahlkabel unbedingt eine Verdoppelung derselben vornehmen. Wenn man auch bei Verwendung von z. B. je 4 Drähten jeden Draht mit sehr hoher Sicherheit berechnet, so wird das doch nicht verhindern können, daß der Apparat abstürzt, wenn infolge eines Materialfehlers, der auch beim besten Material und der besten Auswahl einmal vorkommen kann, einer dieser an und für sich sehr festen 4 Drähte reißt. Denn die zwei Hauptträger der Flügel sind bis heute noch nicht so fest, daß sie nicht zerbrächen, wenn einer der vier Drähte plötzlich fehlte. Aus diesem Grunde sollte man unbedingt diese vier oder sechs Drähte oder Stahlkabel doppelt nebeneinander ausführen, wenn auch der Luftwiderstand dadurch etwas größer wird. Natürlich muß man auch die Knotenpunkte, an denen sie angreifen, entsprechend doppelt ausführen. Bei Personenaufzügen verwendet man ja auch 2 Drahtseile von je 10 facher Sicherheit als Förderseile.

Dipl.-Ing. **Kober**-Friedrichshafen:

Bezüglich Herrn Grulichs Vorschlag, bei Eindeckern statt eines Seiles deren zwei zu verwenden, wie dies bei Aufzügen auch geschehe, bin ich der Ansicht, daß die Verhältnisse bei Flugzeugen doch andere sind als bei den Fahrstühlen. Die Verwendung zweier Tragseile bei Eindeckern aus Sicherheitsrücksichten an Stelle eines einzigen halte ich schon wegen des großen Luftwiderstandes nicht für gut. Will man größere Festigkeit haben, so empfiehlt es sich vor allem, die Kauschendurchmesser bei den Ösen zu vergrößern, damit die Seilfestigkeit durch das scharfe Biegen nicht so stark geschwächt wird, und nötigenfalls den Drahtseildurchmesser noch etwas zu verstärken. Es ist viel zuwenig bekannt, daß die Ösen die schwachen Stellen bei den Draht- und Seilzügen sind. Die Festigkeit der üblichen Drahtösen ohne Kauscheneinlage beträgt nur rund 30—40 % der Festigkeit gerader Drähte oder Seile. Durch einfaches Unterlegen passender Kauschen von durchschnittlich

1—2 mm starkem Stahlblech kann man die Festigkeit der Ösen auf 70—90 % der Drahtfestigkeit bringen.

Ich war früher auch der Ansicht des Herrn Reißner, daß die Eschenhölzer mit feinen Jahresringen größere Festigkeit haben als solche mit groben. Meine Materialversuche haben mich jedoch belehrt, daß im Gegenteil Hölzer mit groben Jahresringen verhältnismäßig größere Festigkeit aufweisen als solche mit feinen. Flugzeugerbauer bestätigen mir auch, daß sie die Holmstege von Eindeckern tangential aus den Jahresringen herausschneiden und nicht senkrecht dazu, um ihren Holmen größtmögliche Festigkeit zu geben.

Major **Groß**-Charlottenburg:

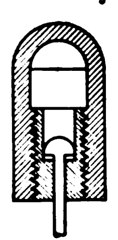


Fig. 11.

Auch im Luftschiffbau spielt diese ominöse Öse zur Verbindung zwischen Drähten und sonstigen Teilen eine bedeutsame Rolle. Auch bei uns lag das Bedürfnis vor, diese Öse zu vermeiden. Zahlreiche Versuche führten zu einer völlig anderen Verbindung. An den Draht wird in kaltem Zustande ein Kopf angestaucht und dieser Draht durch eine Hülse geführt. Diese Hülse hat außen ein Gewinde, über welches eine zweite Hülse geschraubt ist, die dann zur Befestigung weiter ausgebildet ist. Diese Art der Befestigung hat sich vortrefflich bewährt und wird gleichzeitig als Spannvorrichtung benutzt.

Prof. **Baumann**-Stuttgart:

Die Erfahrungen mit Ösen, wie sie Herr Reissner angab, kann ich nur durchaus bestätigen. An der Materialprüfungsanstalt der Technischen Hochschule in Stuttgart wurden auf meine Veranlassung die verschiedensten Ösen und Ösenausbildungen untersucht. Es zeigte sich, daß in allen Fällen, wo überhaupt ein Bruch eintrat, der Bruch in der Öse selbst vor sich ging. Es zeigte sich ferner, daß weicherer Draht besser als ganz harter war, und daß die Anbringung einer Kausche die Verhältnisse verbesserte. Andererseits war ganz weicher Draht wiederum schlecht, weil er sich ohne jeden Bruch durch die Ösen hindurchzog. Ferner zeigte sich, daß harter Draht die übergeschobenen Kupferröhrchen aufschlitzte, wenn sie nicht genügend dick waren. Am sichersten gegen Aufschlitzen erwiesen sich die käuflichen Drahtröllchen, jedoch zog sich bei ihnen der Draht besonders leicht hindurch.

Es wurden dann auch Versuche mit auf die Drahtenden aufgestauchten runden Köpfen gemacht, jedoch waren die Erfahrungen bei uns nicht so gut, wie Herr Major Groß angab, wohl in erster Linie deshalb, weil die Versuche nicht mit 7 bis 8 mm starken Drähten, sondern mit Drähten von 1 bis 4 mm gemacht wurden. Es zeigte sich, daß, wenn ein Kopf hielt, zwei Köpfe absprangen oder sich durchzogen. Auch Befestigung mit keilförmiger Verdickung der Drahtenden wurde probiert, die Herstellung erwies sich aber als schwierig und ohne Spezialwerkzeuge kaum durchführbar.

Sodann wurden auch Verbindungen wohl in der Art, die Herr Reissner angibt, geprüft. Die Verbindung befriedigte aber nur bei sehr exakter Herstellung und ziemlichem Gewicht des Ganzen. Am meisten befriedigte eine Verbindung, die Ähnlichkeit mit den Beißbacken der Zerreißmaschinen hat. In eine runde konische Hülse wird feines Gewinde geschnitten, diese Hülse hierauf dreiseitig aufgeschnitten und in ein konisches Mutterteil gesteckt. Die Verbindung versagt bei guter Herstellung und Härtung nicht, und der Draht zerreißt außerhalb der Befestigungsstelle.

Schließlich wurden von der Materialprüfungsanstalt in Stuttgart Versuche betreffs der Zuverlässigkeit geschweißter Rohrverbindungen gemacht; ich erwähne das, weil sich Herr Reissner ziemlich skeptisch hierzu äußert. Es wurden geschweißte, hart- und weichgelötete Gitterträger gleicher Größe und Ausbildung geprüft. Es zeigte sich, daß der geschweißte Gitterträger ebensoviel hielt wie der hart gelötete, und zwar, daß jeder Stab die ihm an sich zukommende Festigkeit ohne Rücksicht auf die Befestigungsart besaß; der weich gelötete hielt nur etwa die Hälfte. Dabei muß aber betont werden, daß die geschweißten Stellen zweckentsprechend und unter Berücksichtigung der durch das Schweißen auftretenden Schwächung ausgebildet sein müssen, daß man also z. B. bei gezogenen Verbindungen die Rohre nicht einfach stumpf zusammenschweißen darf.

Obering. **Hirth**-Johannisthal:

Betreffs Kabel oder Doppeldrähte stimme ich für Kabel, da dieselben selten plötzlich reißen, sondern im Verbrauch sich fast immer durch Struppligwerden, d. h. Loslösen verschiedener Drähtchen bemerkbar machen. Ein Draht kann einen Walz- oder Ziehfehler haben, der von außen nicht bemerkt wird. Ich ziehe ein entsprechend starkes Kabel 2 Drähten vor.

Über die Streitfrage der Ösen stimme ich, wenn Drähte verwendet werden, für einen etwas stärkeren Draht und Ösen, der Einfachheit bei der Montage halber sowie des geringen Gewichtes wegen.

Aug. Euler-Frankfurt:

Bezüglich der von vielen Seiten heute bemängelten und kritisch betrachteten Öse, welche fast an allen Flugmaschinen gefunden wird, möchte ich sagen, daß ich wohl auch der Ansicht bin, daß vom konstruktiven Standpunkte aus gesehen die Öse gewissermaßen ein Teil ist, welches man allgemein mit dem in technischen Betrieben gebräuchlichen Ausdrucke „Murks“ bezeichnen könnte. Ich muß aber doch Partei für sie ergreifen und vorläufig, solange uns bessere Mittel zur Verspannung der Tragflächen nicht zur Verfügung stehen, die Öse verteidigen und möchte die Vorzüge dieser gebogenen Öse gegenüber anderen Konstruktionen darlegen dürfen: Jeder Spanndraht enthält vier solcher Ösen, nämlich an den beiden Enden und an den beiden Stellen, wo das Spannschloß in den Spanndraht eingefügt ist. Diese Öse besteht eigentlich nur aus einem einzelnen besonderen Teile, nämlich dem Kupferröhrchen, da die doppelte Biegung mit dem Spanndraht ja aus einem Stücke besteht. Hat das Röhrchen die richtige lichte Weite (hier wird am meisten gesündigt), so ist das Röhrchen sehr betriebssicher. Würde man nun an Stelle dieser Anordnung eine andere Befestigung benutzen, so würden bei all den hier erläuterten Konstruktionen auch sehr viele Teile entstehen, wie Schrauben, Muttern, Gewinde, möglicherweise werden auch Sicherungssplinte oder Doppelmuttern erforderlich werden, welche eine große Zahl von Defektmöglichkeiten brächten, da in einem solchen Spanndraht dann nicht vier Teile wären, sondern vielleicht 30—40 und noch mehr Teile, die Defektmöglichkeiten in sich tragen. Besonders aber, wenn bei nicht aufmerksamer Behandlung und Montage hier unvermeidliche Fehler eintreten, beispielsweise auf dem Felde nach schlechter Landung und schneller Reparatur außerhalb der Werkstätte. Bei der viel bemängelten Öse sind die Defektmöglichkeiten auf das denkbar geringste Maß beschränkt.

Diese Öse hat außerdem den Vorteil, daß, nachdem in jedem Draht vier solcher Ösen vorhanden sind, diese mit ihrer Rundung gewissermaßen dem gespannten Draht trotzdem eine Elastizität verleihen, da in der Nähe der Öse der Draht doch nicht immer ganz gerade geht. Zieht man in Betracht, daß diese Öse in der Tragfläche eines Aeroplans und vom Anfahrgestell zu der Tragfläche angeordnet sich einige tausendmal angewendet befindet, so entsteht bei Stößen in der Luft und anderen Beanspruchungen eigentlich eine weiche Arbeit der Fläche, die bei festen, straffen Verspannungen durch die hier erwähnten Befestigungsmittel an Stelle von Ösen wohl verloren gehen würden.

Ich möchte auch die Herren Flieger, besonders diejenigen von der Heeresverwaltung, die Herren Offiziere, bitten, alle ihre Erfahrungen über die Öse hier bekannt zu geben. Die Herren von der Heeresverwaltung haben wohl den meisten Bruchschaden gesehen, da sie ja am meisten geflogen haben, und ich glaube, eine zerbrochene Öse wird wohl in einer ganz zerstörten Flugmaschine selten gefunden worden sein. Ich habe diese Öse in den vier Jahren des Bestehens meiner Aeroplanfabrik viele hunderttausendmal angewendet und kann ihr nur das beste Zeugnis in bezug auf Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit ausstellen. Ich nehme das häßliche Aussehen, welches wohl das Gefühl eines geschulten Auges eines Konstrukteurs stört, gerne in den Kauf gegenüber den vielen Vorteilen, die die Öse dem Aeroplanbau bietet.

Prof. **Baumann**-Stuttgart:

Wenn die Meinungen über die erforderliche Sicherheit für die Berechnung so sehr weit auseinandergehen, so möchte ich nur betonen, daß eine Diskussion über die Frage natürlich nur möglich ist, wenn eine Übereinstimmung über die Berechnungsart und über die Grundlagen der Berechnung besteht. Besteht sie nicht, so redet man aneinander vorbei. Es ist z. B. ein Unterschied, ob ich gleichmäßige Verteilung der Kräfte über die Tragflächenverrippung annehme oder eine Verteilung, wie sie Herr Reissner vorschlug. Im ersten Fall muß man dann mit weit größerer Sicherheit rechnen usw. Manche Meinungsdifferenz wird darauf zurückzuführen sein.

Herr Reissner schlägt eine 10 fache Sicherheit vor. Ich möchte dem nicht uneingeschränkt zustimmen. Ich halte es vielmehr für nötig, daß man zwischen schnellen und langsamen Maschinen, zwischen solchen mit kleinen und solchen mit großem Anstellwinkel unterscheidet. Schnelle Maschinen und solche mit kleinem Anstellwinkel ergeben beim Aufrichten eine größere Zunahme der Kräfte als andere, sind also dementsprechend mit größerer Sicherheit zu berechnen. Ich würde deshalb sagen 8- bis 12 fache Sicherheit!

Sodann betreffs des Kreisels bin ich falsch verstanden worden. Wohl sind die Kreiselreaktionen äußere Kräfte, sie brauchen aber nicht gesondert in die Rechnung eingeführt zu werden, weil die entgegenwirkenden Steuermomente schon berücksichtigt sein müssen.

Schließlich gebe ich Herrn Euler zu, daß es sich betreffs der Ösen um eine in gewissem Sinne akademische Frage handelt. Natürlich kann man mit den gewöhnlichen Ösen befriedigende Resultate erhalten, wenn man von vornherein mit ihrer geringeren Festigkeit im Vergleich zum Drahtquerschnitt rechnet. Man nimmt dann eben ein größeres Drahtgewicht in Kauf.

Übrigens steht Herr Euler dem Gewinde bei der angegebenen Befestigung des Drahtes zweifelnd gegenüber. Dieses Gewinde braucht nicht in den Draht geschnitten zu werden, es preßt sich vielmehr ganz von selbst ein.

Geh. Rat **Barkhausen**-Hannover:

Belastungsproben bis zum Bruche haben bei Bauwerken trotz großer Aufwendungen nur wenig Aufschluß über das Wesen der Bauwerke gebracht, weil die Zerstörung an der schwächsten Stelle erfolgt, die man in vielen Fällen von vornherein hätte erkennen können, und deren Schwäche die Beobachtung der Wirkung der übrigen Teile verdeckt.

Einblick in das Wesen eines Bauwerkes gewinnt man nur durch Spannungs-Feinmessungen an möglichst vielen Gliedern gleichzeitig, die namentlich erkennen lassen, ob die tatsächliche Wirkung des Bauwerkes mit der bei der Berechnung vorausgesetzten übereinstimmt; daraus ergibt sich ein sicheres Urteil über die Sicherheit. Durch Nachgiebigkeit etwa mangelhaft gebildeter Verbindungen wird diese Art der Beobachtung nur bei statisch unbestimmten Anordnungen beeinflußt, die aber wegen der starken Verbiegbarkeit der zarten Gerüste von Flugzeugen bei diesen überhaupt tunlich zu vermeiden sind.

Prof. Dr. **Reissner**-Aachen:

Die Zeit ist durch die erfreulicherweise so ausführliche Diskussion so weit vorgeschritten, daß ich Ihre Geduld zu sehr auf die Probe stellen würde, wenn ich so ausführlich, als ich es möchte, auf die Anregungen und Kritiken meiner Ausführung eingehen würde.

In aller Kürze möchte ich deswegen nur erstens Herrn Euler antworten, daß mir aus meiner Flugpraxis natürlich sehr wohl bekannt ist, daß leichte Maschinen weniger Abfangen aus dem Gleitflug nötig haben als schwere, sowie auch, daß man Gleitflüge unter 45° nicht auszuführen braucht, wenn man nicht will. Ich gebe auch gern zu, daß leichte Maschinen in vielen Beziehungen geringere Belastungen in der Luft und auf der Erde erfahren. Aber ich weiß auch, daß in Wirklichkeit und auch mit leichten Maschinen außerordentlich steile und schnelle Gleitflüge und sehr kurze Aufrichtungsmanöver gemacht werden, und damit mußte ich rechnen, um die Überbelastung wenigstens der Größenordnung nach abzuschätzen.

Zur Frage der Drahtöse möchte ich bemerken, daß bei vielen dünndrähtigen Verbindungen mir die Öse ebenfalls unentbehrlich zu sein scheint, daß aber meiner Meinung nach die technische Entwicklung darauf hinarbeitet, Systeme mit wenigen, starken und unbedingt sicheren Konstruktionsgliedern zu schaffen.

Die von Herrn Baumann angegebene Klemmenkonstruktion mit dreiteiliger konischer Hülse habe ich ebenfalls längere Zeit versucht und allerdings nur an unwichtigen Stellen benutzt. Die Konstruktion war von Herrn Scheller in Aachen angegeben und funktionierte gut, solange das Hülsengewinde sehr scharf und hart war. Bei Abnutzung und Verschmierung etwa durch die Verzinkung des Drahtes konnte man sich nicht auf sie verlassen. Ich ging deshalb später zu der im Vortrag beschriebenen Konstruktion über.

Den an sich einleuchtenden Gedanken der Herren Bendemann und Parseval, für die Überbelastung beim Aufrichten den Höchstauftrieb bei höchster Geschwindigkeit zu setzen, habe ich bisher nicht verfolgt, weil dabei zu viel herauskommt, und

weil doch wohl beim Aufrichten soviel Zeit verfließt, daß die Maschine sich abbremst und also zur Flügelstellung des Höchstauftriebes bei weitem nicht die Höchstgeschwindigkeit gehört.

Herrn Baumann gegenüber gebe ich zu, daß meine Berechnung des Abfangens nur eine primitive Abschätzung der Größenordnung ist, und daß es andererseits mathematisch schwierig ist, genauer zu rechnen. Solche Beschleunigungs- und Verzögerungsexperimente wie die von Herrn Baumann angedeuteten sind zur Lösung der Frage der Überbelastungen sicher sehr freudig zu begrüßen; immerhin genügen sie nicht, da es hierbei sehr auf die Tollkühnheit des Experimentators ankommt, von dem man ja nicht weiß, ob er bis zur Grenze gegangen ist.

Übrigens ist in meiner Rechnung nicht konstante Geschwindigkeit, sondern nur konstante Bahnkrümmung angenommen, und diese Annahme scheint mir keine sehr große Einschränkung zu bedeuten.

[Wenn schließlich Herr Baumann die oft behauptete Belastung der Tragflächenaufhängung von Eindeckern von oben nicht auf starke Beschleunigungen zurückführen will, sondern auf die Torsion der Flügel, da bei kleinen Flugwinkeln ein Unterdruck am Vorderholm und ein verstärkter Überdruck am Hinterholm auftritt, so möchte ich diese Erklärungsmethode nicht zugeben.

Es kommt meiner Meinung nach auf die lokalen Drucke an der Tragfläche nur bei der Berechnung der Stoffbespannung und der Spieren an, aber nicht bei der Berechnung der Gewichtsverteilung auf die Flügelholme. Wenn auch die Hängewerke des Vorder- und Hinterholms im allgemeinen voneinander unabhängig sind, so sind doch die beiden Holme immer durch die Spieren miteinander verbunden, und deswegen kommt es hier nur auf die Luftdruckresultierende des zugehörigen Tragflächenquerstreifens und ihre Lage an. Eine Durchrechnung aller bisherigen Versuche zeigt aber, daß auf diese Weise niemals eine Belastung des Vorderholms von oben eintreten kann.

Gerade dies Ergebnis hatte mich veranlaßt, eine andere Erklärung für die von Blériot und anderen behauptete Erscheinung der Belastung von oben zu versuchen. Ich möchte die gegebene Erklärung auch nur als einen Erklärungsversuch betrachtet sehen, gegen den aber ein Herausheben des Piloten aus seinem Sitz, das tatsächlich öfters eintritt, nicht zu sprechen braucht.

Schließlich möchte ich noch gegen die Klage des Herrn Euler, daß die militärischen Anforderungen den Festigkeitsanforderungen, insbesondere der Festigkeitsberechnung widersprechen, Stellung nehmen. Ich sehe zwischen beiden Anforderungen keinen Gegensatz. Im Gegenteil werden wir leichter konstruieren können, wenn wir überall nahezu gleiche Sicherheit durchführen. Und bei diesem Ziel kann eine vernünftige Festigkeitsberechnung sehr gut mithelfen.

Ich möchte auch nicht glauben, daß der Militärverwaltung nicht die Betriebssicherheit ihrer Apparate wichtiger ist als die Nutzlast, und bin sicher, daß auf die Dauer keine militärischen Anforderungen gestellt werden, die sich nicht mit ausreichender Festigkeit verbinden lassen.

Es scheint mir auch, daß Herr Euler dabei seine eigenen Flugzeuge unterschätzt, die einer genaueren Festigkeitsberechnung sicher viel besser entsprechen, als er es selbst glaubt.]

Versuche an Doppeldeckern zur Bestimmung ihrer Eigengeschwindigkeit und Flugwinkel[1].

Vorgetragen von

Dipl.-Ing. **Hoff**-Aachen.

Durch die Professoren der Aachener Technischen Hochschule, Herrn Prof. Dr. Ing. H. Reissner und Prof. Dr. J. Stark in weitgehender Weise gefördert, von Mitteln der Rheinischen Gesellschaft für wissenschaftliche Forschung, welche Herrn Prof. Dr. Stark für diesen Zweck zugewiesen worden waren, unterstützt, wurde es möglich, den im Frühjahr 1911 gefaßten Plan, die Vornahme wissenschaftlicher Messungen am fliegenden Flugzeug durchzuführen.

Die Versuchsflüge fanden im Frühsommer 1912 statt und wurden an Flugzeugen der Albatroswerke, G. m. b. H., Berlin-Johannisthal, welche sich in dankenswerter Bereitwilligkeit in den Dienst der Sache gestellt hatten, vorgenommen.

Die Messungen selbst wurden unter Zuhifenahme eines Registrierinstrumentes gewonnen, und zwar wurden aufgezeichnet:

1. die relative Luftgeschwindigkeit, gemessen durch den Winddruck auf eine Kreisscheibe, zu deren Widerstandskoeffizienten Angaben von den Laboratorien von Eiffel und Göttingen vorlagen, und welcher in dem aerodynamischen Laboratorium der Aachener Hochschule und durch einen Fahrversuch auf einem Kraftwagen in Verbindung mit den gesamten Meßvorrichtungen nachgeprüft wurde;
2. die Aufkippung der Flugzeuglängsachse zur Horizontalen. Hierzu diente eine stark gedämpfte Pendelscheibe. Ihre Angaben mußten unter Berücksichtigung der gemessenen Geschwindigkeitsänderungen korrigiert werden;
3. der Winkel zwischen Luftstrom und Flugzeuglängsachse. Eine horizontale Windfahne gab durch ihre Ausschläge die Richtung des relativen Luftstroms gegenüber dem Flugzeuge an.

Die Meßstelle befand sich jedesmal zwischen den Flugzeugtragdecken an einer Stelle, wo der Luftstrom nicht durch ein vorgebautes Höhensteuer oder durch den Propellerstrom abgelenkt war. Die Abweichung des Luftstromes durch die Tragflächen selbst konnten im Mittel festgestellt werden und wurden dann zur Korrektur der Windfahnenangaben herangezogen.

---

[1]) Es wird hier nur ein Auszug des Vortrages gebracht, da die besprochenen Versuche in einem Einzelheft gleichen Titels in der Sammlung: „Luftfahrt und Wissenschaft", herausgegeben von J. Sticker, Verlag von Julius Springer, Berlin, geschildert werden, welche Arbeit als Sonderheft und III. Teil dieses Jahrbuches den Mitgliedsexemplaren beigegeben wird.

Der Herausgeber.

Die Ergebnisse der Versuche waren folgende:

1. Im Fluge wurde ein Beharrungszustand, d. i. ein Flug mit gleichbleibender Geschwindigkeit niemals erreicht. Die Flugzeuge waren in stetem Fallen oder Steigen begriffen. Diese Flugzeugschwankungen in der Höhenlage waren mit verschiedenen Flugwinkeln verbunden. Es ließ sich keine Gesetzmäßigkeit derselben herauslesen, sie sind auf die Steuerbewegungen des Flugzeugführers zurückzuführen.
2. Die Einwirkung verschiedener Böen auf das Flugzeug wurde festgestellt. Unter anderen Werten wurde ein Wechsel von einer Beschleunigung von $+ 5\,\mathrm{msec}^{-2}$ auf eine Verzögerung von $- 3\,\mathrm{msec}^{-2}$ innerhalb einer Sekunde gemessen. Es waren diese Ergebnisse einem Zufall zu verdanken, da besondere Sturmflüge nicht vorgenommen wurden.
3. Bei Kenntnis des Flugzeuggesamtgewichtes ließen sich aus den Anstellwinkeln und zugehörigen Fluggeschwindigkeiten die Auftriebskoeffizienten der Tragflächen für den in Betracht kommenden Flugbereich ermitteln. Es zeigte sich, daß dieselben entsprechend dem Wölbungsgrad der Tragflächen der verschiedenen Flugzeuge untereinander lagen, und daß die Übereinstimmung mit den an Modellen gefundenen Werten gut war.
4. Unter Abschätzung des Propellerwirkungsgrades und der Motorleistung wurde der Propellerzug und mit diesem in ähnlicher Weise wie unter 3. die Widerstandskoeffizienten für das Flugzeug als Ganzes festgelegt. Dieselben liegen in etwa doppelter Höhe der Modellwerte, was als Hinweis dafür gelten kann, daß der schädliche Widerstand dem aerodynamischen Widerstand bei den untersuchten Flugzeugen gleichzusetzen war.

Die Ergebnisse der Versuche zeigten, daß es mit einem einfach gehaltenen Meßinstrument möglich ist, die Flugeigenschaften eines Flugzeugs festzustellen und Aufschluß über den Wert seiner Tragflächen zu erhalten.

Die Auftriebskoeffizienten sind bei Kenntnis des Gesamtgewichtes leicht zu ermitteln. Umständlicher werden die Widerstandskoeffizienten gefunden, weil hierzu ein ständiges Messen des Propellerschubs gehört, was wohl ohne besondere Vorbereitung der Motorlagerung kaum zu erreichen sein wird.

Über einen neuen Kreiselkompaß.

Vorgetragen von

Dr. Th. Bruger-Frankfurt a. M.

Seit einigen Jahren ist dem altehrwürdigen Magnetkompaß ein bemerkenswerter Konkurrent in dem Kreiselkompaß entstanden, dessen Konstruktion an die etwa 60 Jahre alten Foucaultschen Versuche anknüpft. Während die theoretische Behandlung des Kreiselproblems seit Foucault wiederholt in Angriff genommen ist und allerdings auch erst in neuerer Zeit zu einem gewissen Abschluß gebracht wurde, datieren die erfolgreichen praktischen Arbeiten, welche eine technische Verwertung der Kreiseleigenschaften anstreben, wesentlich erst aus dem 20. Jahrhundert. Sie sind, soweit der Kreisel als Richtungsanzeiger bzw. als Kompaßersatz in Frage kommt, in Deutschland zuerst von Herrn Dr. Anschütz-Kaempfe durchgeführt und beziehen sich auf zwei verschiedene Anwendungsmöglichkeiten, die den der Schwerkraftwirkung entzogenen Azimut haltenden Kreisel und den sogenannten Meridiankreisel betreffen. Der erstere ist dadurch gekennzeichnet, daß er, unbeeinflußt durch die Schwerkraft, infolge seiner 3 Freiheitsgrade und seines großen scheinbaren Trägheitsmoments lediglich eine einmal eingenommene Richtung seiner Rotationsachse im Raum beibehält, während der Meridiankreisel mit nur 2 vollen Freiheitsgraden unter dem Einfluß der Schwerkraft und der Erdrotation sich mit seiner Rotationsachse so in die Meridianebene einzustellen strebt, daß seine Rotation gleichsinnig mit der der Erde erfolgt.

Bevor ich nun einen neuen, von der Firma Hartmann & Braun A.-G. hergestellten Kreiselkompaß näher beschreibe, erscheint es zumal heute an dieser Stelle angebracht, ein kurzes Wort über die Brauchbarkeit des Kreisels als Richtungszeiger im Luftschiff zu sagen.

Man wird, wie die Verhältnisse augenblicklich liegen, noch nicht von einer allgemeinen Verwendbarkeit des Kreiselkompasses in der Luftschiffahrt sprechen können. Von Bedeutung scheint allerdings auch hier ein nicht magnetischer Richtungsanzeiger zu sein, insbesondere wohl deshalb, weil gerade bei atmosphärischen Störungen, die zumeist unsichtiges Wetter im Gefolge haben, also eine direkte Orientierung nach der Erdoberfläche erschweren oder ganz ausschließen, oft auch der Magnetkompaß gestört wird und keine genügende Sicherheit seiner Angaben bietet. Hinderlich für die Benutzung des Kreiselkompasses ist vor allem sein relativ großes Gewicht, das z. B. bei dem hier ausgestellten Modell schon ca. 30 kg beträgt, wozu dann noch das der Betriebsmaschine kommt. Es würde sich also darum handeln, für Luftschiffzwecke zunächst möglichst kleine und leichte Spezialmodelle zu konstruieren, was allerdings im Bereich der Möglichkeit liegt. Auch darauf mag hier hin-

gewiesen werden, daß der Wechselstrom-Antrieb, wie er bei Kreiselkompassen üblich ist, die Verwendung wesentlich funkenfreier Maschinen und Motoren ermöglicht, und daß bei dem neuen, hier nachher zu demonstrierenden Kreisel auch alle Hilfseinrichtungen und Nebenapparate, soweit sie elektrischer Natur sind, auf dem Prinzip der Induktionswirkung beruhen, also ebenfalls durchaus funkenfrei arbeiten. Endlich ist bei dieser neuen Konstruktion noch eine Gewichtsersparnis dadurch erzielt, daß die Beseitigung störender Reibungseinflüsse nicht durch einen in Quecksilber tauchenden Schwimmer, sondern auf mechanischem Wege erreicht wird. Das nicht unbedeutende Quecksilbergewicht kommt also hier in Fortfall.

Ich gehe nun zur Erläuterung des ausgestellten Kreiselkompasses über und bemerke, daß dieser Apparat hervorgegangen ist aus Versuchen, die vor Jahren von der Firma Hartmann & Braun auf Veranlassung von Herrn Professor Ach aufgenommen wurden, der insbesondere auch die Ausarbeitung einer Einrichtung zur Beseitigung der Achsenreibung durch automatisches Nachdrehen der zugehörigen Lager anstrebte. Es war damals in erster Linie die Herstellung eines Azimutkreisels ins Auge gefaßt, und als die Versuchsresultate mit diesem nicht voll befriedigten, lagen doch eine Reihe von Konstruktionen vor, die auch für den später in Angriff genommenen Meridiankreisel nutzbar gemacht werden konnten. Dazu gehörte u. a. die erwähnte Nachdreheinrichtung der Kreisellager, bei deren konstruktiver Ausbildung ich es mir angelegen sein ließ, durch Benutzung von Druckluft- und Induktionswirkungen Anlaß zur Funkenbildung gebende und Störungen unterworfene Kontaktvorrichtungen ganz zu vermeiden.

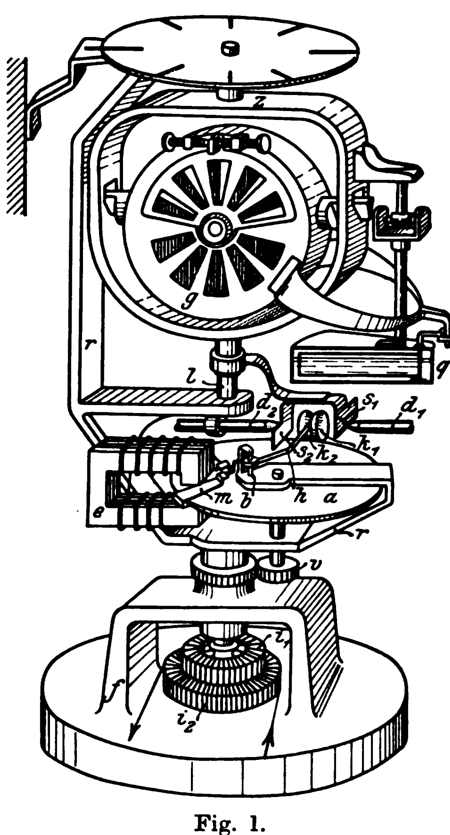


Fig. 1.

Fig. 1. zeigt schematisch die wichtigsten Teile des neuen Meridiankreisels. Die durch Mehrphasenstrom angetriebene, schnell rotierende Massenscheibe befindet sich in der Kapsel g, die mit regelbaren Kühllöchern nebst einem Windschirm ausgerüstet ist und etwas oberhalb des System-Schwerpunktes mit Stahlschneiden in horizontalen Edelsteinpfannen hängt, die am Rahmen z befestigt sind. Dieser letztere ist selbst wieder um die vertikale Achse l ebenfalls in Edelsteinlagern drehbar, und der diese Lager tragende weitere Rahmen r wird, wie erwähnt, durch eine besondere Vorrichtung nachgedreht, sobald er seine relative Lage gegen die vertikale Kreiselachse ändert. Zu diesem Zweck habe ich zunächst eine Art pneumatisches Relais vorgesehen, von dem nur die zwei Druckluftleitungen d_1 und d_2 gezeichnet sind, während ein kleiner mit r fest verbundener Ventilator, der die Druckluft

liefert, im Interesse der Deutlichkeit in der Zeichnung fortgelassen ist. Den aus den Leitungen d_1 bzw. d_2 austretenden entgegengesetzt gerichteten Windstrahlen stehen zwei Blechschirme s_1 und s_2, die mit der Achse bzw. dem Rahmen z fest verbunden sind, bei normaler Kreiselstellung so gegenüber, daß sie diese Windstrahlen je etwa gerade abschirmen und die Fangschalen k_1 und k_2 nicht getroffen werden. Der mit den Schalen k_1 und k_2 verbundene Hebel h bleibt also unter diesen Umständen in Ruhe. Bewegt sich aber, z. B. infolge von Schiffsdrehungen, der Kreiselrahmen z relativ zu r und den mit r fest verbundenen Windleitungen nach der einen oder anderen Seite, so tritt entweder k_1 oder k_2 aus den Windschatten heraus und wird nebst dem Hebel h um die Achse b gedreht. Gleichzeitig mit der Drehung von h wird nun eine im Feld des Wechselstrommagneten e befindliche Kupferplatte m aus ihrer bisher symmetrischen Stellung verschoben, so daß sie infolge der durch die Induktionsströme verursachten Schirmwirkung das Wechselfeld des Elektromagneten e einseitig unsymmetrisch macht und dabei die von diesem Felde beeinflußte leicht drehbar gelagerte Aluminiumscheibe a nach der einen oder anderen Seite in Rotation versetzt. Mit der Aluminiumscheibe zugleich dreht sich durch Vermittlung eines Zahngetriebes, von dem in der Fig. nur die Räder v angedeutet sind, auch der Rahmen r mit den Lagern für l gegen die Grundplatte um eine in f gelagerte Achse, und diese Drehung dauert solange, bis der auf eine der Fangschalen drückende Luftstrom infolge der Drehung von r mit den Windleitungen d wieder durch die Platten s abgeschirmt wird, d. h. bis die relative Lage vom Kreiselrahmen z zum Lagerrahmen r wieder die normale ist. In Wirklichkeit spielt sich dieser ganze Vorgang außerordentlich rasch ab, und bei exakt arbeitenden Einzelteilen wirkt diese Nachdreheinrichtung so präzise, daß schon relative Lagenänderungen von kleinen Bruchteilen eines Bogengrades sofort rückgängig gemacht werden.

Außer dieser Nachdreheinrichtung der Achsenlager ist zum richtigen Funktionieren des Kreisels noch eine Dämpfungseinrichtung für etwa auftretende Schwingungen erforderlich. Störend sind eigentlich nur Schwingungen um die Vertikalachse, doch hängen mit diesen um 90° in der Phase verschobene kleinere Schwingungen um die Horizontalachse derartig zusammen, daß neben der direkten Dämpfung der ersteren auch die indirekte Methode durch Dämpfung der letzteren zum Ziele führt. Indem ich hier den letztgenannten indirekten Weg einschlug, konnte ich gewisse kleine als „Breitenfehler“ auftretende Störungen vermeiden, die die direkte Dämpfung der Horizontalschwingungen bei der z. Z. bekannten Anordnung mit sich bringt, und gleichzeitig ließ sich die Einrichtung so treffen, daß mit der Dämpfung eine Verkürzung der Schwingungsdauer und eine Verkleinerung der ballistischen Störungsausschläge erreicht wurde. Als wirksames Prinzip liegt der neuen Dämpfungseinrichtung das der sogenannten Flüssigkeitsdämpfung zugrunde, und es wird die kleine Bewegung der horizontalen Kreiselachse unter Einschaltung einer entsprechenden Übersetzung dazu benutzt, einen Flügel in einem Quecksilbergefäß hin und her zu bewegen. Das unterhalb des Kreisels angeordnete schwere Quecksilbergefäß q ist in einem Lager aufgehängt, das mit der horizontalen Kreiselachse — der Elevationsachse — in gleicher Höhe und Richtung liegt, während sich der in das Quecksilber tauchende Flügel um eine vertikal im Gefäß gelagerte Achse dreht und durch einen am Kreiselgehäuse befestigten Mitnehmer in Bewegung ge-

setzt wird, sobald sich der Kreisel nach der einen oder der anderen Seite etwas neigt. Mit der so erzielten dämpfenden Wirkung, die durch den angenähert der Schwingungsgeschwindigkeit proportionalen Gegendruck auf den Dämpfungsflügel zustande kommt, geht nun noch eine zweite Hand in Hand, die aus dem Druck des Quecksilbergefäßes selbst auf den Mitnehmer resultiert, wesentlich dem Elevationswinkel proportional ist und diesen sowie die Schwingungsdauer zu verkleinern strebt d. h. die Elevationsachse stabilisiert. Die ganze Einrichtung ermöglicht es somit, ohne Änderung der wesentlichen Konstanten des Kreisels selbst auf dessen Schwingungsdauer und Elevation einzuwirken und dabei von Fall zu Fall den verschiedenen Forderungen der Praxis Rechnung zu tragen.

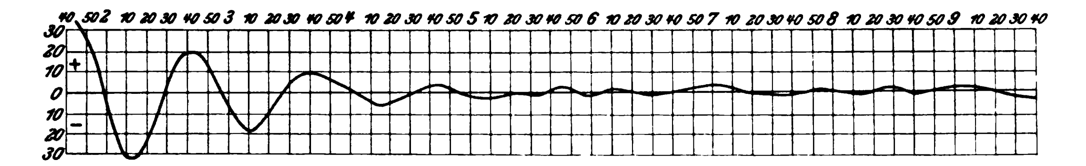


Fig. 2.

Figur 2 gibt als Beispiel für die so erzielte, inzwischen aber noch verbesserte Wirkung eine Schwingungskurve wieder, die einem im Oktober 1912 an Bord S. M. S. „Lothringen" gemachten Versuch entspricht, bei welchem die Kreiselachse aus der N-S-Richtung abgelenkt wurde und nun mit abnehmender Amplitude in ihre Normalstellung wieder einschwingt. Der weitere Verlauf der Kurve zeigt dann das Verhalten des Kreisels während verschiedener Richtungs- und Geschwindigkeitsänderungen des Schiffes, wie Drehen, Stoppen, Anfahren, Rückwärtsfahren, und man erkennt, daß die auftretenden Abweichungen der Kreiselachse von der Meridianstellung gering sind und sich auf beide Seiten der Normalstellung verteilen. Die Verkürzung der Dauer der gedämpften Schwingung gegen die der ungedämpften beträgt hier etwa 40 %.

Die schon seit lange bezüglich des Magnetkompasses gestellte Forderung, das Normalinstrument an verschiedenen Stellen des Schiffes gleichzeitig ablesen zu können, war für den Kreiselkompaß seines hohen Preises wegen von besonderer Bedeutung und veranlaßte auch hier die Konstruktion von Fernübertragungseinrichtungen. Durch diese soll die Anzeige eines mit Kreisel ausgerüsteten Mutterkompasses auf einfacher konstruierte Tochterkompasse übertragen werden. Da zum Betrieb des Kreisels und der Nachdreheinrichtung Wechselstrom vorgesehen ist, habe ich auch für diese Fernübertragung Wechselstrom benutzt und ihr das Prinzip der Phasenverschiebung zugrunde gelegt, das eine Übertragung ohne Kontakte ermöglicht. Der am Mutterkompaß vorgesehene Geber i ist nicht mit dem Kreisel selbst, sondern mit dem ihm immer gleichgerichteten Nachdrehrahmen r verbunden und besteht aus einem als Transformator ausgebildeten Phasenregler, dem ein von der Stellung dieses Rahmens zum Schiffsboden in seiner Phase abhängiger Wechselstrom entnommen und dem Tochterkompaß zugeführt wird. Dieser selbst ist dann als Phasenmesser gebaut, und eine mit seinem beweglichen Spulensystem verbundene Rose dreht sich um einen entsprechenden räumlichen Winkel, wenn der

Phasenwinkel des zugeführten Fernleitungsstromes sich ändert. Da der letztere nun durch die Lage der Kreiselachse zur Schiffsachse bestimmt ist, zeigt auch der Tochterkompaß jede Richtungsänderung des Schiffes genau dem Mutterkompaß entsprechend an, und zwar stetig, nicht sprungweise. Die Anzeige des hier verwendeten Phasenmessers wird durch Strom- und Spannungsschwankungen nicht beeinflußt und gibt eindeutig die Einstellung des Mutterkompasses wieder, ohne daß vor der Inbetriebsetzung eine Einregulierung beider Apparate auf gleiche Anfangslage erforderlich ist.

Der neue Kreiselkompaß, zu dessen Besichtigung im Betrieb ich mir nunmehr einzuladen gestatte, zeigt also die Beseitigung der Lagerreibung ohne Quecksilberschwimmer durch eine Nachdreheinrichtung der Achsenlager, eine Flüssigkeitsdämpfung der Elevationsbewegung, verbunden mit Reduktion der Schwingungsdauer und des Elevationsausschlages, und eine Wechselstrom-Fernübertragung, der das Prinzip der Phasenverschiebung zugrunde liegt.

Erfahrungen auf dem Flugplatz Johannisthal bei Berlin.

Vorgetragen von
Ingenieur **E. Schnetzler**, Frankfurt a. M.

Während eines vierzehntägigen Aufenthaltes auf dem Flugplatz Johannisthal bei Berlin hatte ich Gelegenheit, die meisten der dort stationierten Flugzeugtypen genauer auf ihre technische und Erbauer wie Piloten auf ihre wissenschaftliche Durchbildung hin zu untersuchen. Da fand ich nun eine Reihe derart horrender Fehler und Absurditäten, daß ich es für der Mühe wert halte, die augenfälligsten[1]) hier vorzutragen. Aus begreiflichen Gründen muß ich mich natürlich jeder Namensnennung enthalten.

Ich will die einzelnen Teile eines Flugzeuges der Reihe nach besprechen. So fand ich an einem Apparat, daß im Stand die unteren Spanndrähte schlaff waren. Auf Befragen antwortete der Erbauer: „Ja, die spannen sich doch von selbst, wenn der Apparat in der Luft auf den Flügeln liegt!" — „Aber dann sind ja die oberen Drähte schlaff." — „Das macht doch nichts, die haben doch auch beim Fluge nicht zu tragen!" — „Wenn nun aber bei böigem Winde die Flügel einmal abwechselnd Ober- und Unterdruck bekommen, dann bekommen Sie große Schlagbeanspruchungen in die Drähte." — „Die bekomme ich doch auch, wenn die Drähte gespannt sind." — — — Und in der weiteren Diskussion wurde mir klar, daß der Erbauer des Apparates keinen Schimmer von dem hatte, was man mit kinetischer Energie bezeichnet. — — Aber er baut Flugzeuge!

Nur bei ganz vereinzelten Apparaten fand ich doppelte Spanndrähte, diese aber beide an einem Spannschloß hängend, an einer Schlaufe oder Schraube am Holm befestigt, was natürlich den Vorzug der Doppelführung zum großen Teile wieder illusorisch macht. „Doppelte Spanndrähte haben überhaupt keinen Zweck, ich nehme doch lieber einen doppelt so dicken," wurde mir in einer Auseinandersetzung gesagt. Daß das beste Material Fehler haben kann, daß es ermüdet, d. h. durch Erschütterung, manchmal durch Schwingungen schlechter wird, ist zwar eine den Flug-Ingenieuren bekannte, aber von ihnen gänzlich vernachlässigte Tatsache. Daß die Drähte nach einer ganz bestimmten Gebrauchszeit der Inanspruchnahme ohne weiteres durch neue ersetzt werden, scheint mir nur bei einer Gesellschaft in Johannisthal konsequent durchgeführt zu werden.

Bei einer Maschine fiel mir auf, daß die Drähte im Vergleich zu dem schrägen Angriffswinkel an den Tragholmen sehr schwach waren. Auf Befragen bekam ich die Antwort: Mit dem fliegen wir seit drei Jahren und es ist noch keiner gebrochen. Im weiteren Gespräch stellte sich heraus, daß früher die Anlaufgestelle viel höher

[1]) Ich erwähne nur solche Punkte, deren Fehlerhaftigkeit außerhalb jeder Diskussion steht.

waren, wodurch auch der Angriffswinkel größer war. Der Umstand war nicht berücksichtigt worden. An einem anderen Apparate waren alle Seile des vorderen Holmes eines Flügels in einer einzigen Klaue befestigt. Nirgends fand ich eine elastische Befestigung der unteren Spanndrähte. Besonders interessant sind die Methoden der Befestigungen der Drähte an den Holmen. Bei einem bewährten Zweidecker gehen die Drähte durch kleine Ösenplättchen, die mit zwei Holzschrauben an dem Holzholm befestigt sind, der Zug erfolgt bei 45° gegen den Holm, die Plättchen sind mit zwei ca. 20 mm langen Holzschrauben befestigt; die normale Beanspruchung mag 20 bis 30 kg betragen, kann aber weit höher steigen, das Brechen der Verspannung kann eine Katastrophe herbeiführen. Aber nicht genug! Ich hatte Gelegenheit, zuzusehen, wie diese 20 mm langen Schräubchen eingedreht werden: das Loch wurde mit einer Ahle vorgerieben (statt gebohrt), die Schraube mit dem Hammer fast ganz eingetrieben, und nur die letzten zwei oder drei Drehungen eingedreht. Ich machte einen Piloten darauf aufmerksam: „Das hat nichts zu sagen, der Draht hat ja kaum was zu tragen." — „Warum ist er dann so dick, daß er 600 kg tragen kann?" — —

Ich sah Spanndrähte an Stahlholmen in der Weise befestigt, daß die Rohre von oben nach unten statt durch die neutrale Zone durchbohrt waren, und zwar bei einem ca. 40 mm starken Rohr mit 1,5 mm Wandstärke ein ca. 3 mm weites Loch, durch das eine Öhrschraube mit Mutter ging; die Mutter war so fest angezogen, daß das Rohr an der Bohrstelle eingedallt war. Ein anderer Konstrukteur wollte vorsichtiger sein. Da, wo die Rohre angebohrt werden mußten, füllte er sie mit einem Stück Hartholz aus. Das ist auf den ersten Blick einleuchtend, aber doch ein Fehler, ein Fehler, der auch bei Anwendung von Rohrschellen, d. s. Bänder, die die Rohre umklammern, zur Spanndrahtbefestigung gemacht wird. Es ist eine aus dem Fahrradbau schon seit vielen Jahren bekannte Tatsache, daß an stark beanspruchten Teilen scharfe Querschnittsübergänge vermieden werden müssen. Man verwendet da die aufgespaltenen Scheiden zur Rohrverbindung (insbesondere an den Vorderradgabelköpfen), die eine ganz allmähliche Querschnittsänderung bedingen.

Betrachten wir nun die Motoren und was dazu gehört. Zunächst fiel mir auf, daß, wenn zehnmal ein Flug angesetzt war, er fünfmal wegen nicht richtig arbeitenden Motors verschoben, dreimal vorzeitig abgebrochen werden mußte. Die Ursachen konnte ich leider nicht immer feststellen. Die Piloten hatten in den meisten Fällen überhaupt keine Ahnung von der Arbeitsweise eines Motors, und die Monteure hatten jenes bekannte Halbwissen, das oft noch schlimmer ist als gänzliches Unwissen. Ich habe zugesehen, wie Motoren montiert wurden. Einmal sind die meisten — und die bewährtesten Fabrikate mit eingeschlossen — so gebaut, als ob sie überhaupt nie demontiert werden müßten. Bei einem Motor mit einzelstehenden Zylindern sind diese je mit 10 oder 12 Schrauben an dem Kurbelgehäuse befestigt; die äußeren Schrauben sind sehr leicht zugänglich, die zwischen den Zylindern liegenden aber sehr schwer. Der Monteur klagte, daß die Pleuellager an diesem Motor immer nach ganz kurzer Zeit schief ausgeschlagen wären. Eine nähere Betrachtung ergab, daß infolge der Schraubenanordnung durch ungleichmäßig festes Anziehen die Zylinder schief saßen, gegen die Längsachse des Motors geneigt; dazu trug auch noch die Verwendung eines ca. 2 mm dicken zu weichen Zwischenlagematerials bei.

Ein anderer Motor wurde immer heiß. Der Raum zwischen Zylinder und Wassermantel war viel zu eng, so daß ungenügende Wasserzirkulation die Folge war. Die Tropfölung wird jetzt erst langsam durch die weit zuverlässigere Ölpumpe ersetzt.

Endlich sind Wasserleitung, Ölleitung, Zündleitungen so unordentlich und ungeschützt verlegt, daß man nicht glaubt, daß der Flugmotor aus der guten Schule des Automobilmotors hervorgegangen ist.

Zum Schlusse möchte ich noch einiges über die sehr mangelhaften theoretischen Kenntnisse von Piloten wie von Flugzeugerbauern sagen. Sehr viele der Flugmaschinenerbauer sind Laien, die von technischen Dingen sehr eigenartige Vorstellungen haben, die meinen, mit dem „Gefühl“ ließe sich alles machen, und mit denen eine ernste Auseinandersetzung in technischen Fragen überhaupt nicht zu führen ist, weil sie über die elementarsten Vorkenntnisse nicht verfügen. Ich traf einen Flugmaschinenerbauer, der nicht wußte, was man unter kinetischer Energie versteht, ein anderer wußte nicht, was Schwingungen, Resonanz und Schwebungen sind. Dies nur zum Beispiel, ich könnte derlei noch mehr aufzählen.

Daß die Piloten zum weitaus größten Teil keine technischen Kenntnisse haben, ist weiter nicht verwunderlich; immerhin sollte man denken, daß sie wenigstens das Interesse hätten an den Gesetzen des Elementes, in dem sie sich bewegen.

Solange hier in den genannten und noch manchen anderen Punkten Wandel nicht geschaffen wird, so lange sich nicht tüchtige, ernste Männer der Wissenschaft praktisch und theoretisch mit dem Flugzeugbau und dem Fliegen befassen, solange wird auch die große Zahl der Unglücksfälle sich nicht vermindern. Hier sind die Punkte, wo wir einsetzen müssen, wenn wir dem deutschen Flugwesen nützen wollen.

Eine Ausstellung von Meßapparaten.

Von

Prof. Dr. R. Wachsmuth.

In den Räumen des Physikalischen Instituts zu Frankfurt a. M. veranstaltete der Unterausschuß für Meßwesen im Anschluß an die Versammlung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik eine kleine Ausstellung von Apparaten, welche bezwecken, die Kenntnise von den Zuständen und Vorgängen in der Luft zu erweitern und für die Luftfahrt, insbesondere die Flugtechnik, nutzbar zu machen. Ausgeschlossen wurde für diesmal die Luftelektrizität. Was zusammen kam, gibt dank dem Entgegenkommen einer Anzahl von Gelehrten und von Firmen ein ziemlich vollständiges Bild über die Richtung, in welcher sich gegenwärtig Untersuchungen und Konstruktionen bewegen. Im Vordergrund des Interesses steht ganz offenbar das Studium der Luftbewegung in ihren Momentanwerten und das Bestreben, diese augenblicklichen Schwankungen registrieren zu können. Im einzelnen wird man am besten einen Überblick gewinnen durch eine Einteilung der Ausstellung nach folgenden Gesichtspunkten:

1. maschinelle Einrichtungen zur Erzeugung von Luftströmen im Experimentiersaal,
2. Apparate zur Messung des statischen Druckes (Barographen usw.),
3. Apparate zur Messung des dynamischen Druckes der Luft, d. h. des Windes und seiner Geschwindigkeit,
4. Temperaturmessungen,
5. magnetische und astronomische Apparate,
6. Zeichnungen und Modell-Konstruktionen.

Von Vorrichtungen im kleinen zur Erzeugung eines gleichmäßigen Windstromes, wie sie im großen etwa die Prandtlsche Modellstudienanstalt in Göttingen entwickelt hat, waren die beiden einzigen bisher für Demonstrations- und Meßzwecke käuflichen Ventilatoren und Gleichrichter auf der Ausstellung vorhanden. Die eine Apparatur, nach Professor König. wird von der Firma Pfeiffer in Wetzlar in den Handel gebracht, die andere nach Dr. Zickendraht von der Firma Klingelfuß in Basel. Die Königschen Meßinstrumente für Beobachtung des Luftwiderstandes von Platten, des Neigungswinkels usw. sind bereits mehrfach auf Ausstellungen gewesen (vgl. z. B. Ila-Denkschrift Bd. 2, S. 399, 1911). Der Zickendrahtsche Apparat war dagegen den meisten Besuchern wohl noch nicht vor Augen gekommen. Veröffentlicht sind die Apparaturen von Dr. Zickendraht in den Annalen der Physik Bd. 35, S. 47, 1911. Bei der Konstruktion von Pfeiffer

(Fig. 1) ist der Ventilator des Luftstrom-Gleichrichters durch eine bewegliche Welle mit einem seitwärts, also nicht in der Luftzufuhrrichtung stehenden Motor verbunden. Eine innere Gleichrichtung ist nicht vorhanden, der Querschnitt des Rohres verjüngt sich, das Feld ist recht gleichmäßig. Der Klingelfußsche Apparat (Fig. 2)

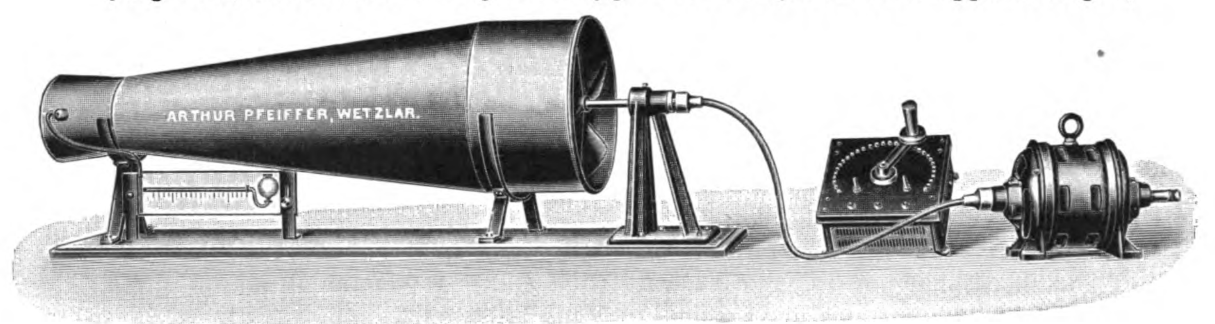


Fig. 1.

zeichnet sich durch einen wesentlich geräuschloseren Gang aus, vielleicht wegen des stärkeren Materials für das Rohr. Es besitzt innere Unterteilung, der Ventilator sitzt direkt im Rohr, hat nur zwei Flügel und ist für große Tourenzahlen gut brauchbar.

Für die Widerstandsmessungen an Platten benutzt Prof. König eine Kompensation durch Gewichte (Fig. 3). Diese werden auf Schalen gesetzt und greifen durch über Rollen geführte Fäden an einem beweglichen Rahmen an. Dabei wird die horizontale und vertikale Druckkomponente getrennt ausbalanciert. Zickendraht dagegen überträgt den Druck auf einen in Cardanischem Gehänge beweg-

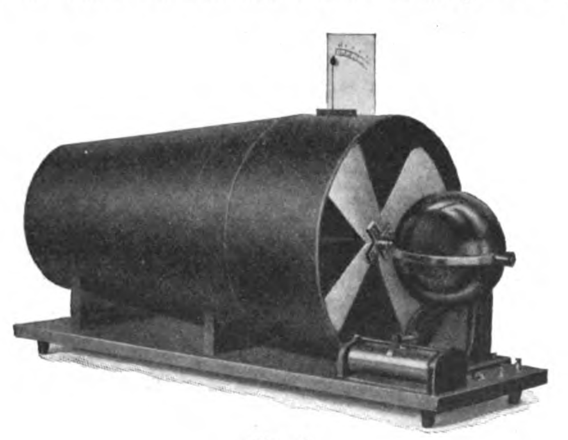


Fig. 2.

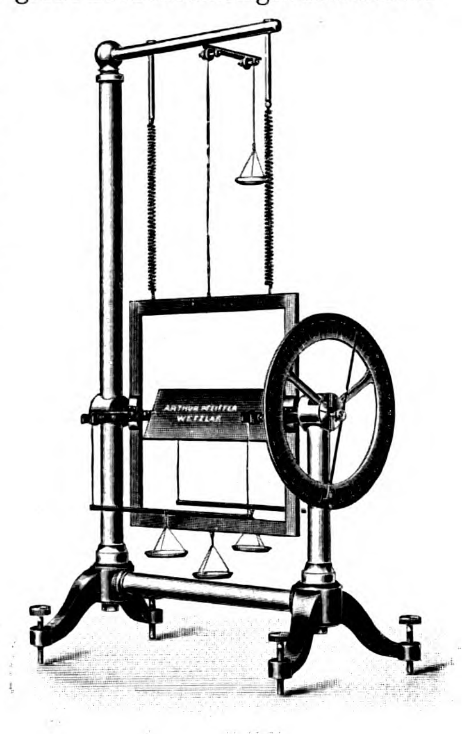


Fig. 3.

lichen Hebel, welcher durch Federspannung, und zwar in horizontaler und vertikaler Richtung getrennt, ausgeglichen wird (Fig. 4). Besonders hübsch und elegant ist dabei eine Vorrichtung zur Federeichung, das sogenannte Friktionsrad (Fig. 5). Die von Herrn Dr. Zickendraht durchgeführte Messung der Druck-

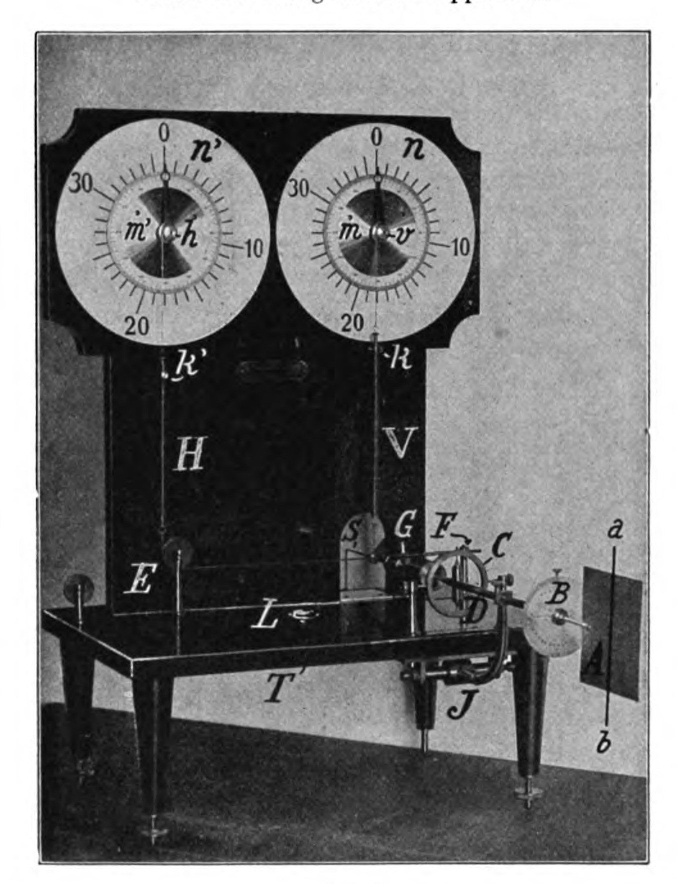


Fig. 4.

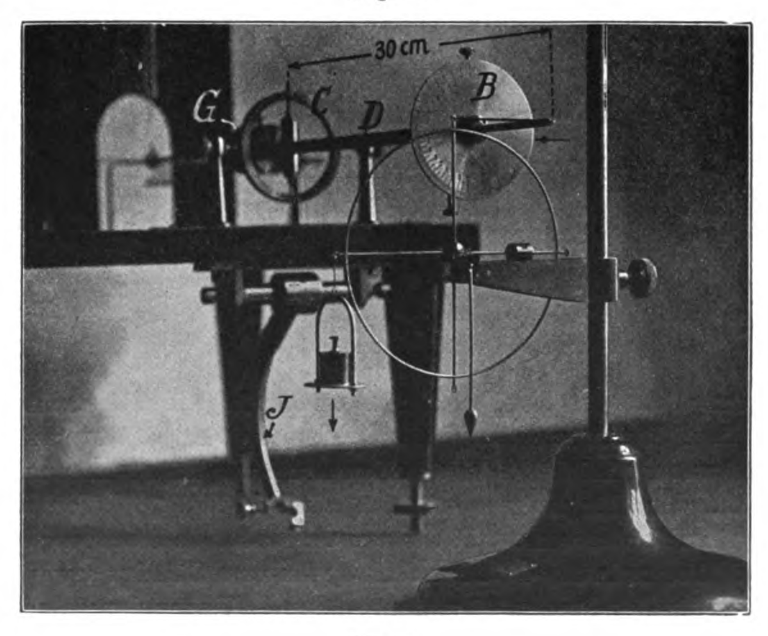


Fig. 5.

verteilung um eine senkrecht zum Wind aufgestellte Platte (Fig. 6) gehört zu dem Elegantesten, was auf diesem Gebiete je geleistet wurde.

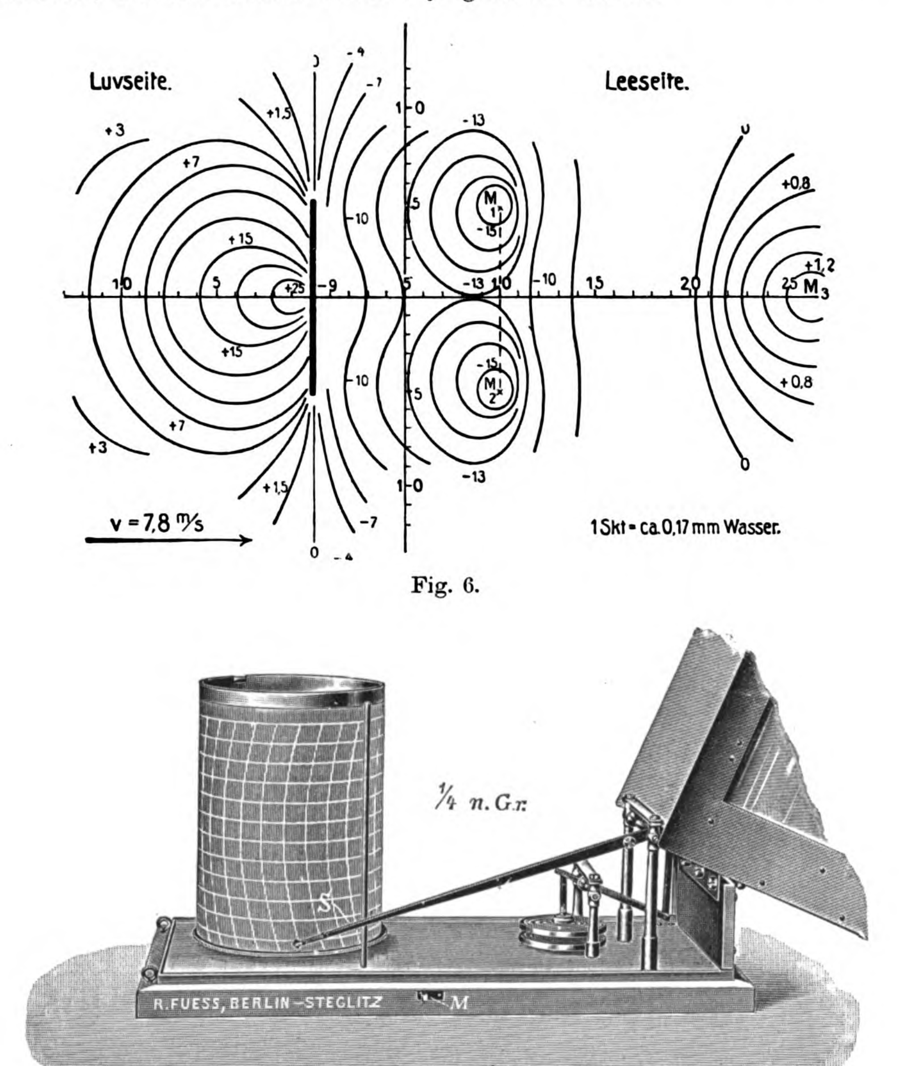


Fig. 6.

Fig. 7.

Die Messung des statischen Druckes der Luft erfolgt im allgemeinen mit Hilfe von Barographen. Die üblichen Registrierapparate mit Aneroiddosen sind namentlich nach Richtung der Leichtigkeit vervollkommnet worden, so daß auch die Flieger sie bequem auf dem Flugzeug mitnehmen können (Fig. 7). Von ausgestellten Apparaten sei ein solcher von der Firma J. u. A. Bosch in Straßburg erwähnt, bei welchem zwei Trommeln für die Abwickelung längerer Streifen sowie für schnelle Vorwärtsbewegung des Papiers (5 mm pro Minute) Verwendung finden (Fig. 8). Lebhaftes Interesse erregte auch der von der Firma Fueß ausgestellte Barograph

des verunglückten Luftschiffers Gericke, dessen Barogramm (Fig. 9) bei 7000 Meter Höhe abbricht.

Besonders leicht müssen die Apparate sein, welche zur Erforschung höherer Luftschichten an einen Gummiballon gehängt werden. Das Meteorologische Observatorium in Lindenberg hatte für die gleichzeitige Messung von Druck und Tempe-

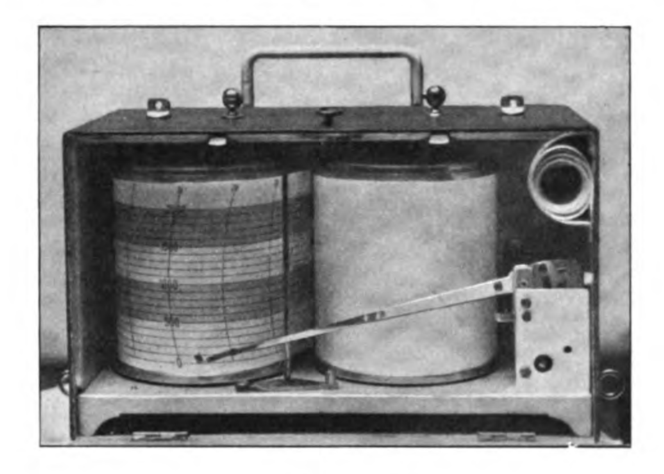


Fig. 8.

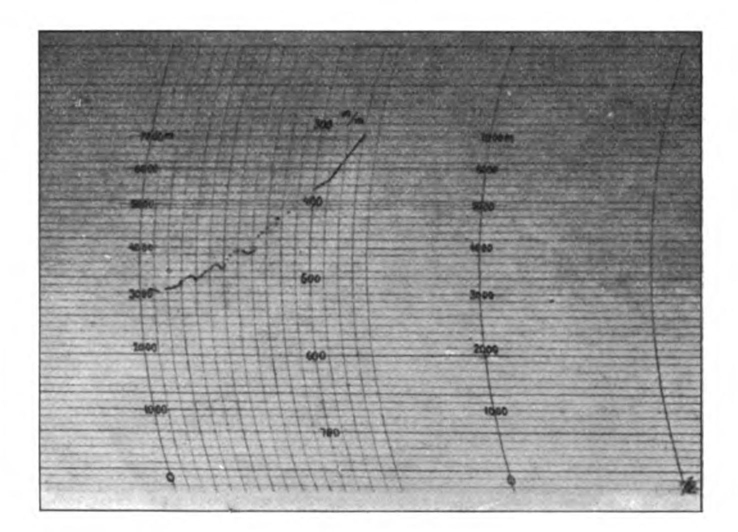


Fig. 9.

ratur zwei derartige Apparate ausgestellt, von denen der eine 223 g, der andere sogar nur 97 g wog. Der erstere (Fig. 10), von Geheimrat Aßmann konstruiert, ist ohne weiteres aus der beigegebenen Figur verständlich. Der zweite leichtere (Fig. 11) ist von dem Institutsmechaniker Kirchner erdacht, er ist uhrlos und benutzt in äußerst sinnreicher Weise die durch Ausdehnung der Aneroidkapseln hervorgerufene, also gewissermaßen barographische Verschiebung eines Hebelarms

an Stelle der Zeitmessung. Ein zugleich mit dem Apparat verbundenes Bourdon-Thermometer schreibt also auf einer berußten Platte immer die zu den angegebenen Höhen zugehörigen Werte. Als besondere Feinheiten sind dabei noch zu erwähnen einmal eine automatische Ausschaltung des ganzen Schreibsystems, sobald der Apparat nicht mehr hängt, und dann eine Vorrichtung zur Verwandlung der bogenförmigen Aufzeichnungen in geradlinige.

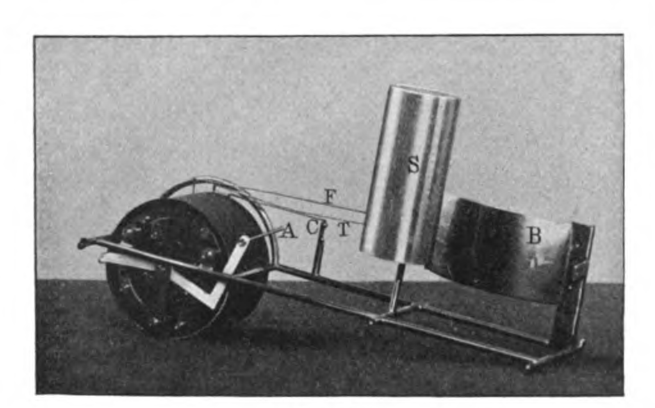


Fig. 10.

Fig. 11.

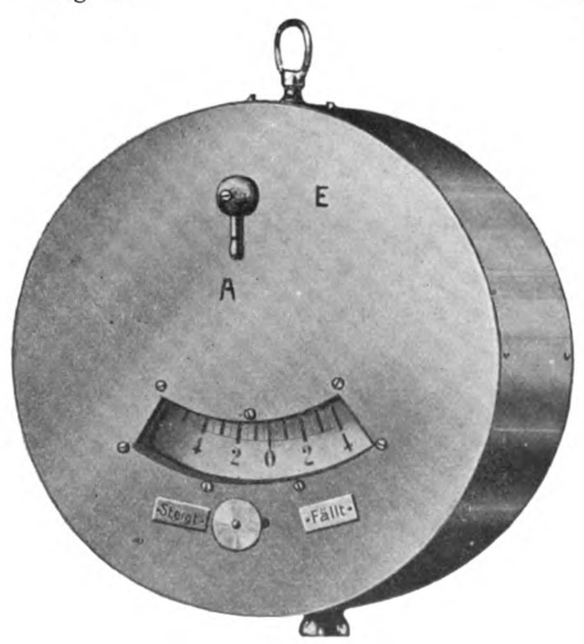


Fig. 12.

An dieser Stelle sei auch das allen Luftfahrern vertraute Ballonvariometer von Professor Bestelmeyer in der Ausführung der Firma Spindler & Hoyer, Göttingen, erwähnt, sowie ein neues Aneroidvariometer von Professor von dem Borne (Fig. 12). Dasselbe enthält zwei Aneroiddosen von je ca. 12 cm Durchmesser und

überträgt deren Schwankungen mit Hilfe eines Zahnrades auf einen Zeiger. Eine nähere Beschreibung findet man in der Deutschen Luftfahrerzeitschrift Seite 538 Jahrgang 1912. Herr Professor von dem Borne hat sein Instrument auch für Registrierungen eingerichtet (Fig. 13), indem er den größeren Zeigerhebel dadurch von Gewicht freimacht, daß er ihn auf Quecksilber schwimmen läßt. Das gleiche Verfahren benutzt er auch für seinen Winddruckschreiber (vgl. Zeitschr. f. Flug-

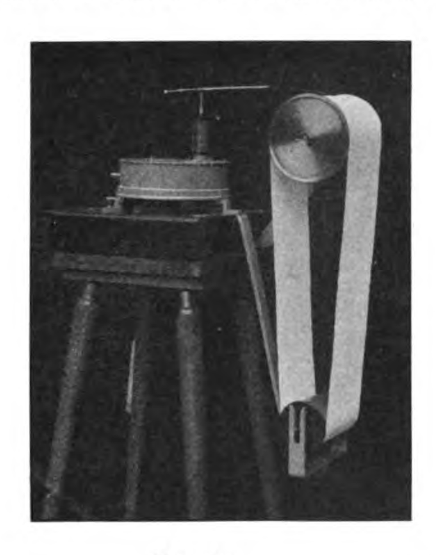


Fig. 13.

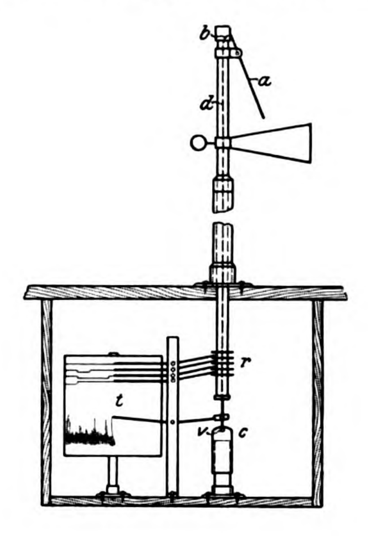


Fig. 14.

technik und Motorluftschiffahrt Bd. 3, S. 188, 1912) zur reibungslosen, luftdichten Übertragung der von einer drehbaren und als Windfahne ausgebildeten Stauscheibe übermittelten Druckschwankungen.

Zur Messung des dynamischen Winddruckes benutzt man im Berliner Meteorologischen Institut eine sogen. Wildsche Tafel, eine quadratische Platte, welche an einer Kante aufgehängt und durch eine Windfahne senkrecht gegen den Wind gestellt wird. Der Wind versucht sie zu heben, und die Ablenkung ist ein Maß seiner Stärke. Seit zwei Jahren wird die Bewegung dieser Tafel nach Dr. Wussow durch eine Registriervorrichtung (Fig. 14) aufgezeichnet, indem von der Platte ein Stahldraht durch ein längeres Rohr hinuntergeleitet wird und einem Schreibstift die Bewegung mitteilt. Ein unten an dem Draht aufgehängter Zylinder hat den Zweck, als Luftdämpfung für die Schwankungen der Tafel zu dienen. Die vier oberen auf der Figur sichtbaren Federn geben die jeweilige Richtung des Windes an und sind für den vorliegenden Zweck belanglos. In Fig. 15 ist eine mit diesem Apparat aufgenommene Kurve wiedergegeben.

Eine Verfeinerung erhält die Messung des Winddruckes durch Benutzung sogenannter manometrischer Sonden (Stauscheibe, Pitotsche Röhre). Die Ausstellung zeigte die Entwicklung dieser gegen den Wind gerichteten Doppelröhre, deren einer Zweig den statischen, der andere den dynamischen Druck zu messen hat, in verschiedenen Stufen: die Recknagelsche Stauscheibe, das Brabbée-Rohr der Firma Fueß (Fig. 16), die Sonde von Zickendraht und schließlich das Rohr mit

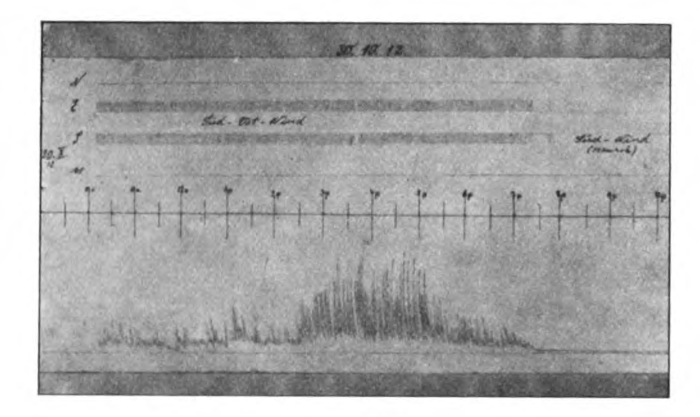


Fig. 15.

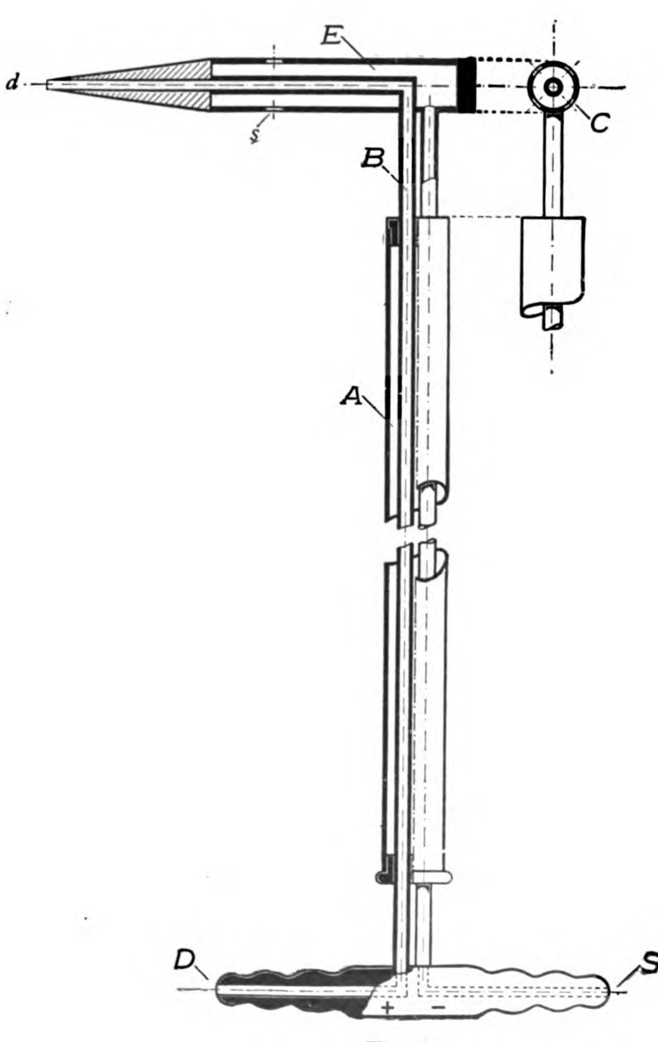


Fig. 16.

halbkugelförmigem Kopf (Fig. 17), eine Neukonstruktion von Professor Prandtl in Göttingen, welche die Richtigkeit der Angaben auch bei schräg gegen den Wind gestellter Röhre gewährleistet.

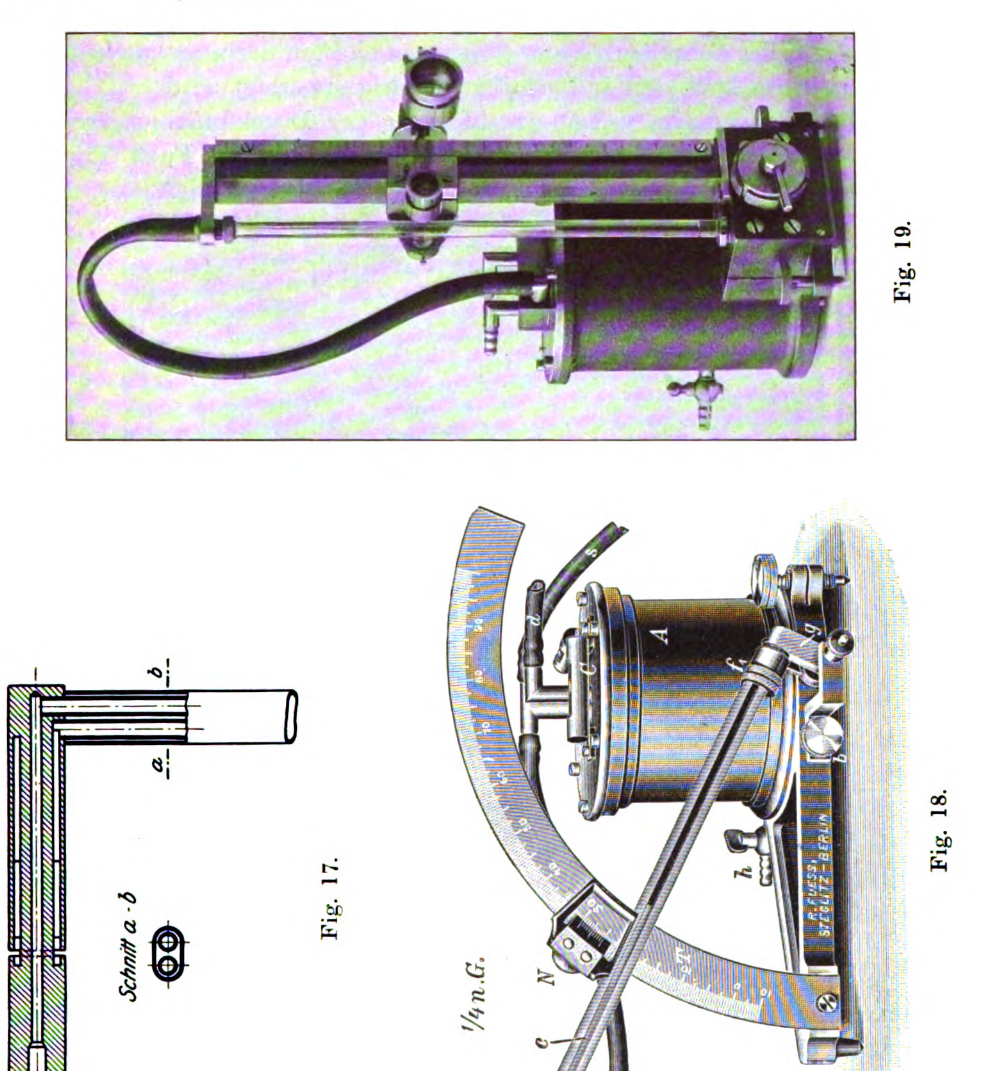


Fig. 19.

Fig. 17.

Fig. 18.

An diese Stauscheiben knüpfte sich in einer Sitzung des Unterausschusses eine Diskussion darüber an, ob die vom Instrument angegebenen Windgeschwindigkeiten absolut zuverlässig seien oder nicht, und es wurde von Freiherrrn von Soden,

Ingenieur der Zeppelin-Gesellschaft, Friedrichshafen, direkt ein Antrag formuliert, dahingehend, daß man der Erörterung dieser Frage nähertreten möchte. Leider war diesmal hierfür die Zeit zu knapp. Falls wirklich eine solche Abweichung gegenüber den geographischen Kontrollmessungen dauernd nachweisbar ist, wäre sie nach Ansicht des Schreibers dieser Zeilen am ehesten darin zu suchen, daß der statische Druck im bewegten Luftschiff zu niedrig angezeigt wird.

Von den Manometern, welche zur Messung der Druckdifferenz Verwendung finden, sind insbesondere das allbekannte Mikromanometer von Fueß (Fig. 18) mit schräg gestelltem Flüssigkeitsfaden sowie eine Neukonstruktion von Professor

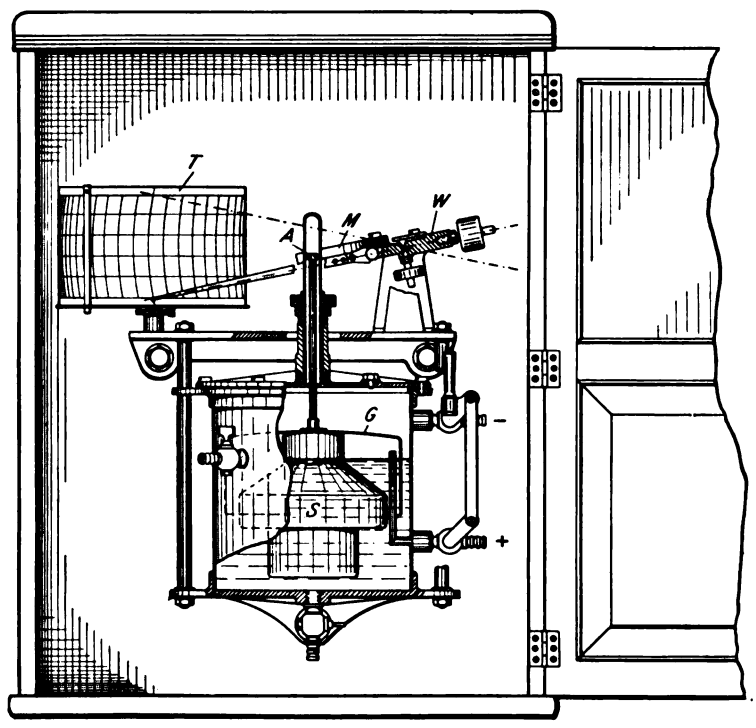


Fig. 20.

Prandtl, ausgeführt durch Mechaniker Bartels, zu erwähnen (Fig. 19). Prandtl benutzt bei senkrecht gestelltem weiten Rohr Alkoholfüllung und verfeinert die Bestimmung der Kuppenhöhe durch Ablesung mit Lupe und Einstellung auf die Berührung eines durch Spiegelung umgekehrten Bildes der Kuppe mit dieser selbst.

Auch hier hat der Wunsch nach Registrierung zu Neukonstruktionen geführt, von denen insbesondere diejenige von Dr. Linke zu erwähnen ist. Linke färbt den Flüssigkeitsfaden schwarz und baut die schräg geneigte Steigröhre so in den Deckel eines lichtdicht schließenden Kastens ein, daß das auffallende Licht nur durch den nicht ausgefüllten Rohrteil hindurchzudringen vermag, welcher dann als Zylinderlinse wirkt und auf einem vorbeibewegten photographischen Papier ein Lichtband wechselnder Breite erzeugt.

Eine andere Art der Druckmessung beruht auf dem Taucherglockenprinzip, welches von der Firma R. Fueß, Steglitz, sowie von dem Meteorologischen Institut

in Potsdam zur Ausstellung gelangte. Es handelt sich also um einen Luftgeschwindigkeitsmesser nach hydrostatischer Methode. Bei dem in Fig. 20 abgebildeten Apparat ist mit S der Schwimmer bezeichnet, dessen kegelförmige Form Bedingung ist für das Zustandekommen einer gleichmäßigen Teilung. G ist die mit dem Schwimmer verbundene Tauchglocke. A ist ein kleines Eisenstückchen, welches an den Bewegungen des Schwimmers teilnimmt und einem Magneten M, der am Wagebalken W sitzt, als Anker dient. Die Registriertrommel ist mit T bezeichnet. Von dem Staugerät führen 2 Leitungen an den Doppelhahn ±, und zwar mündet die „+"-Seite (dynamischer Druck) unter der Tauchglocke, während die „—"-Seite über der Tauchglocke liegt. Während der von Fueß ausgestellte Apparat wesentlich für Registrierung von Druckschwankungen im Bergbau Verwendung findet und dementsprechend nur von prinzipiellem Interesse ist, benutzt Professor Süring in Potsdam einen solchen Apparat (Fig. 21) in Verbindung mit einem Staurohr (Fig. 22) zur Registrierung des Winddruckes. Unter Wasserabschluß befinden sich zwei unten offene, halb mit Luft gefüllte Kästen (Fig. 23). Der äußere Kasten ist unbeweglich; die eingeschlossene Luft steht unter dem statischen Druck der Atmosphäre, der innere hängt an dem einen Hebelarm einer Wage und erhält von unten durch eine Rohrzuführung den dynamischen Druck. Entsprechend den Schwankungen der Windstärke wird also der innere Kasten leichter oder schwerer und ruft so einen Ausschlag des Hebels hervor. Der andere Hebelarm schreibt auf einer rotierenden Trommel diese Schwankungen auf.

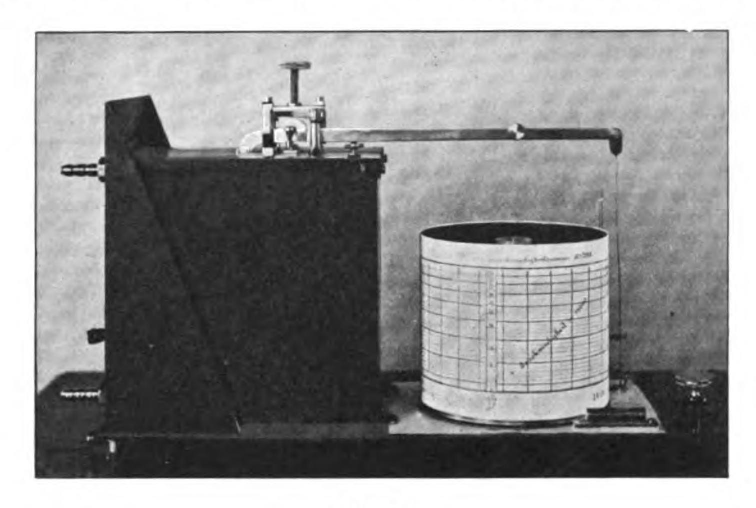


Fig. 21.

Ausschließlich für die Messung der Windgeschwindigkeit sind alle diejenigen Apparate bestimmt, welche das Windrad benutzen, und zwar wurde von der Firma R. Fueß ein kleines Kugelschalenanemometer (Fig. 24) mit einer Kontaktvorrichtung ausgestellt, die nach je hundert Umdrehungen des Schalenkreuzes einen Stromschluß hervorruft und diesen auf einer Trommel (Fig. 25) registriert. Besonders hübsch war ein von derselben Firma ausgestellter kleiner Apparat für die Messung von Geschwindigkeiten von wenigen Zentimetern in der

Sekunde. Da bei so geringen Geschwindigkeiten die Trägheit der Flügel und die Reibung in den Lagern die Messung zu beeinträchtigen pflegt, so war bei dem Fueßschen Apparat (Fig. 26) ein besonderer kleiner, mit Uhrwerk angetriebener

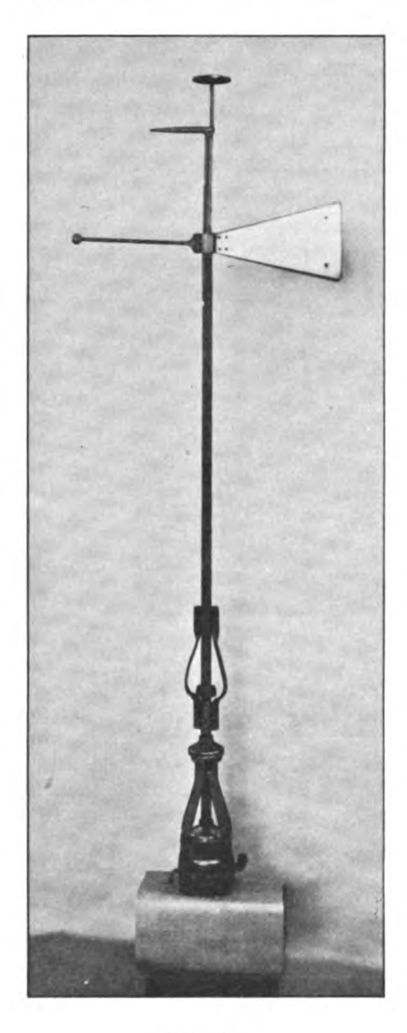


Fig. 22.

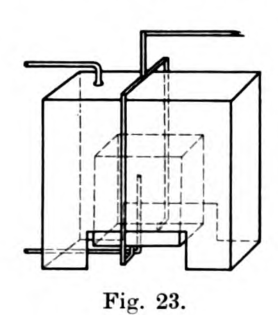


Fig. 23.

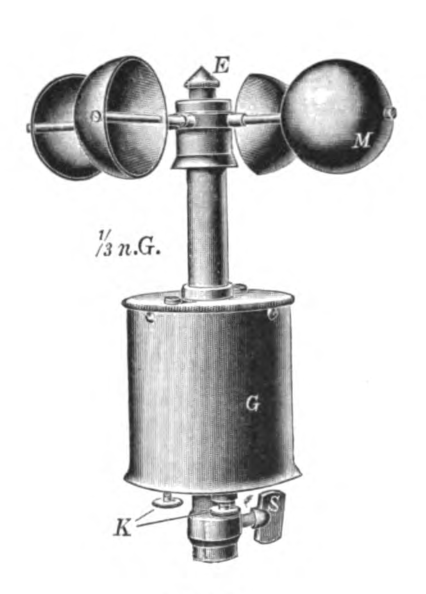


Fig. 24.

Ventilator eingebaut, welcher dem Windrad von vornherein eine gewisse Umlaufgeschwindigkeit erteilt. Jeder Windhauch vergrößert oder verkleinert diese Geschwindigkeit und kommt dadurch bei dem Zählwerk, welches auch auf Rücklauf eingerichtet ist, zum Ausdruck. Die sorgfältige Regulierung des Zusatzventilators auf konstanten Umlauf besorgt eine Zentrifugalbremsung im Uhrwerk.

Auch die Firma Wilhelm Morell, Leipzig, hatte Apparate zur Angabe der Windgeschwindigkeit ausgestellt, und zwar nach dem Tachometer-Prinzip. Sie verfertigt einmal solche Geschwindigkeitsmesser, welche mit einem Zeiger auf einer Scheibe direkt die Windgeschwindigkeit abzulesen gestatten. Derartige Instrumente eignen sich in großer Ausführung besonders für Flugplätze.

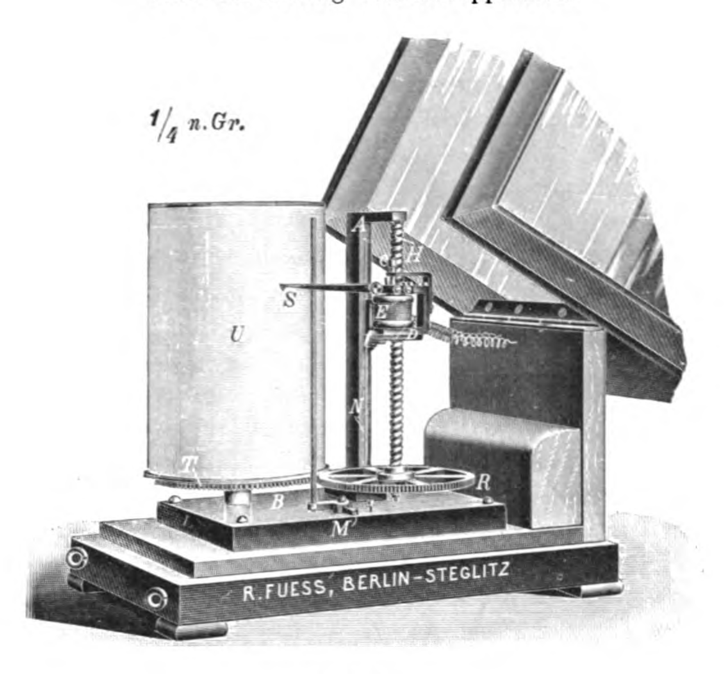


Fig. 25.

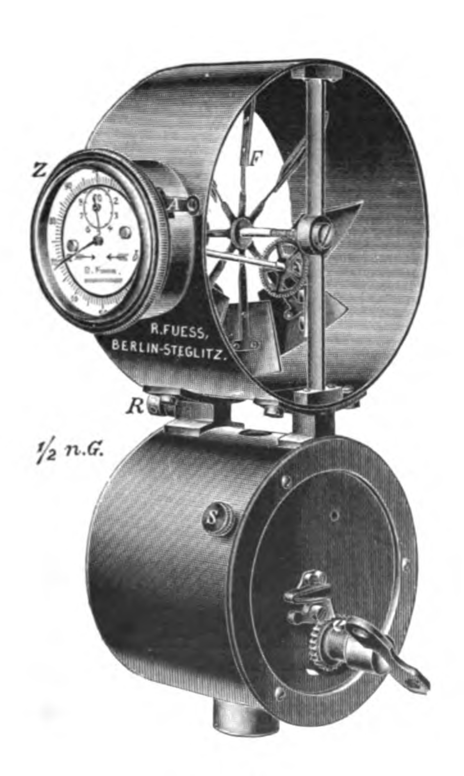


Fig. 26.

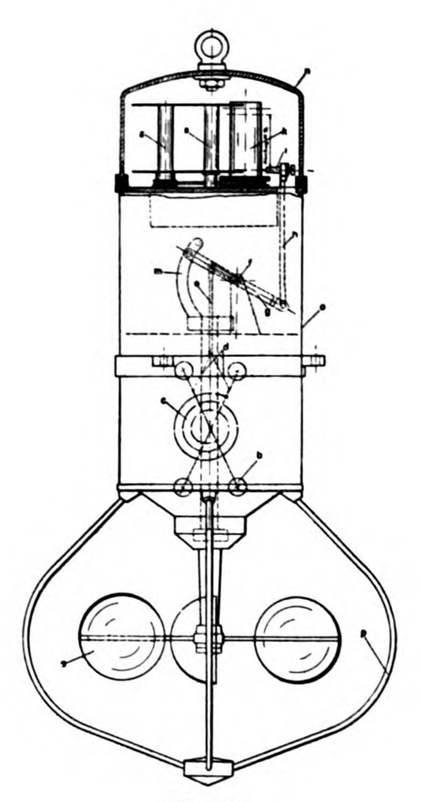


Fig. 27.

Dann aber sind bei kleineren Ausführungsformen auch Vorrichtungen angebracht, um eine graphische Registrierung vorzunehmen. Der innere Bau ergibt

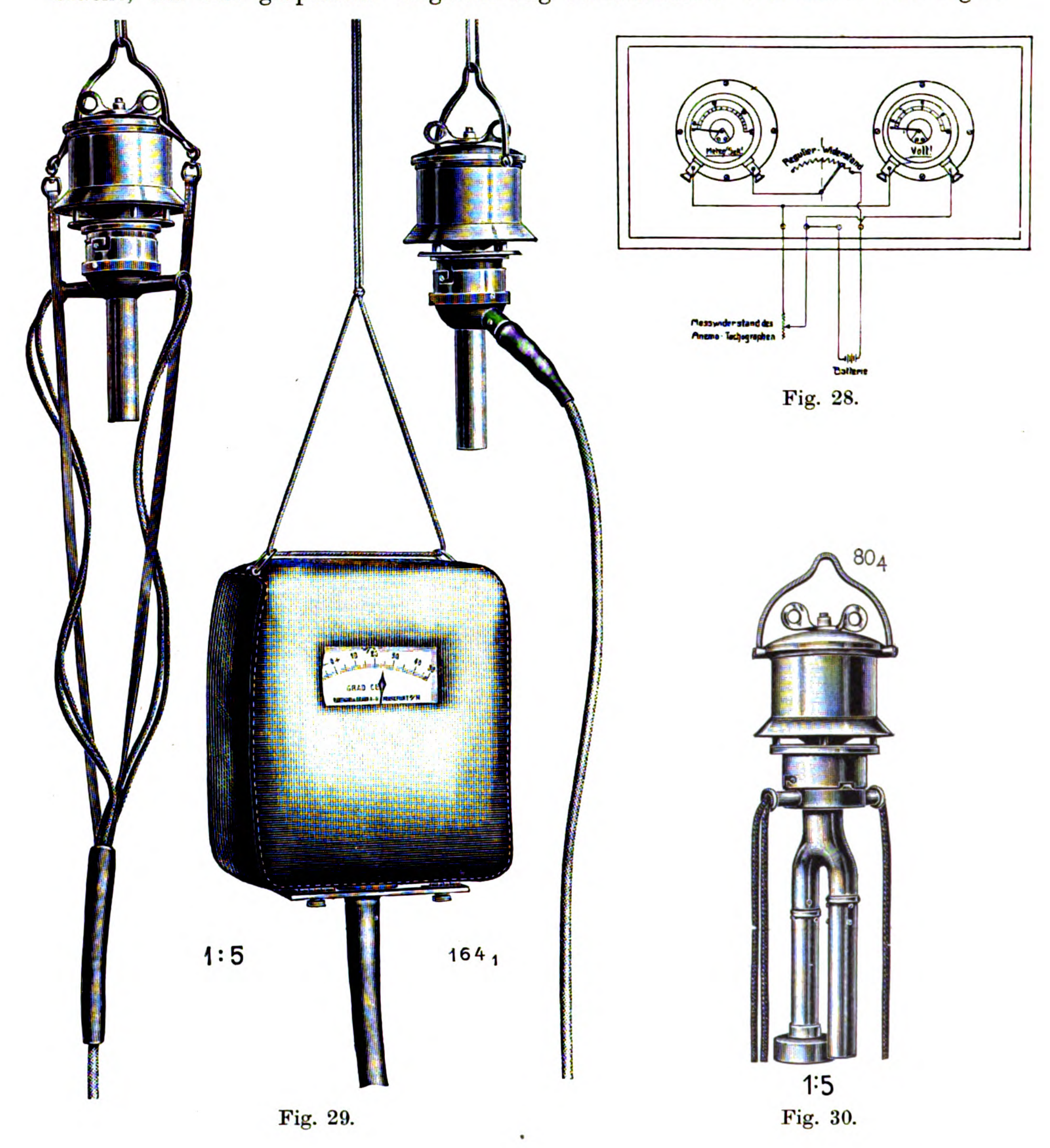


Fig. 28.

Fig. 29.

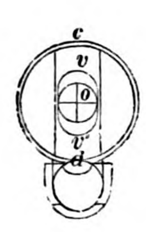
Fig. 30.

sich aus nebenstehender Figur 27. Es handelt sich darum, daß zwei Zentrifugalmassen bei der Rotation auseinandergezogen werden und mit einer Hebelübertragung die Umlaufgeschwindigkeit bzw. Windgeschwindigkeit entweder direkt auf einer Skala mit Zeiger ablesen lassen, oder durch einen Schreibstift auf die rotierende Trommel aufzeichnen. In einer zweiten Figur ist ein Schaltschema für Fernmelder abgebildet (Fig. 28). In diesem Fall verschiebt der „Anemotacho-

graph" den Kontakt eines Widerstandes, und die veränderte Spannung wird an einem elektrischen Meßinstrument, und zwar gleich in Meter-Sekunden abgelesen.

Zum Schlusse verdient noch ein selbstregistrierendes Vertikalanemometer Erwähnung, welches Dr. Ludewig unter Mitwirkung des Frankfurter Vereins für Luftschiffahrt gebaut hat. Dasselbe gestattet, bei gleichzeitiger Beobachtung und Registrierung eines Bestelmeyerschen Variometers vom Ballon aus die kleinen vertikalen Windstöße gut aufzuzeichnen. Die Differenz gegen die Schwankungen des Variometers ergibt dann Größe und Richtung der Windstöße. Eine nähere Beschreibung der Apparatur befindet sich bereits in der Physikalischen Zeitschrift 1911, Seite 1162.

An einem Ballonkorb, den man in dem Ausstellungsraum aufgestellt hatte, war eine Reihe von Apparaten angebracht, wie sie im Freiballon vielfach Verwendung finden. Zunächst seien die Kompasse erwähnt, teils mit Vorrichtungen zum Anpeilen, teils mit durchsichtigem Boden, um die überfahrene Landschaft sehen zu können. Die Firma Hartmann & Braun hatte den Boden nach dem Vorschlag von Direktor Neumann in Form einer konkaven Linse ausgebildet, um weite Gebiete der Landschaft gleichzeitig zu umfassen. Auch die Firma Fueß hatte mehrere Neukonstruktionen ausgestellt. Wegen der Benutzung des Kompasses im Ballon sei auf einen Aufsatz von Professor Bestelmeyer im Heft 24 der Illustrierten Aeronautischen Mitteilungen (Deutsche Luftfahrer-Zeitschrift), Jahrgang 1910, hingewiesen.



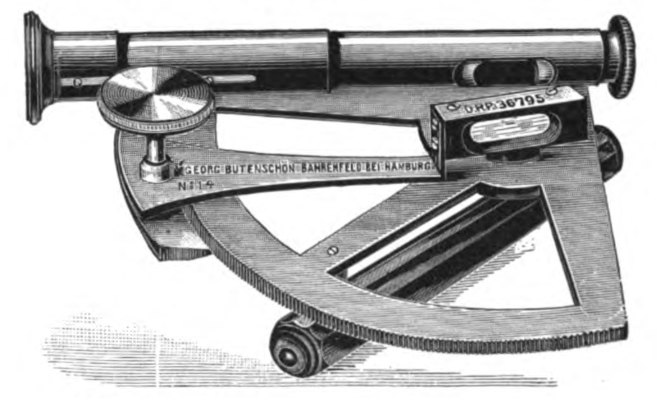


Fig. 31.

Um die Temperaturdifferenzen zwischen dem im Ballon enthaltenen Gas gegen die umgebende Luft zu messen, war von Dr. Linke ein Ballonthermometer, auf elektrischem Prinzip beruhend, erdacht und in einer Konstruktion des Herrn Dr. Bruger von der Firma Hartmann & Braun, Frankfurt, ausgestellt (Fig. 29). Es handelt sich um die Widerstandsänderung eines feinen Drahtes, welche durch Messung der sich ändernden Stromstärke an einem entsprechend geteilten Amperemeter abgelesen werden kann. Der Widerstand ist dabei in einen Aßmannschen Aspirator eingebaut. Auch ein für Feuchtigkeitsmessungen bestimmtes Psychrometer nach dem gleichen Prinzip gelangte zur Ausstellung (Fig. 30).

Eine besondere Besprechung verdienen die astronomischen Instrumente. Es handelt sich dabei zunächst um eine Ausstellung sämtlicher vier Libellenquadranten, welche bisher im Ballonkorb zur Benutzung gekommen sind, ferner des von Hart-

mann & Braun neu durchkonstruierten Instrumentes zur graphischen Auswertung astronomischer Ortsbestimmungen von Dr. Brill, und schließlich um ein kleines Instrument zur Umrechnung von Ortszeit in Sternzeit. Die Libellenquadranten sind sämtlich abgebildet. Der erste und einfachste, von Professor Marcuse, ausgeführt von der Firma Butenschön, Hamburg, (Fig. 31) ist sehr leicht handlich. Ob man ihm oder einem anderen den Vorzug gibt, wird wesentlich von den persönlichen Vorliebe des einzelnen und von dem Grade der erforderlichen Genauigkeit abhängen. Lindt hat den Apparat verbessert, indem er eine elektrische Beleuchtung für das Fadenkreuz und die Libelle hinzufügt. Die Elemente freilich müssen noch gesondert getragen werden. Ausgeführt ist dieser Apparat von der Firma Bunge, Berlin (Fig. 32).

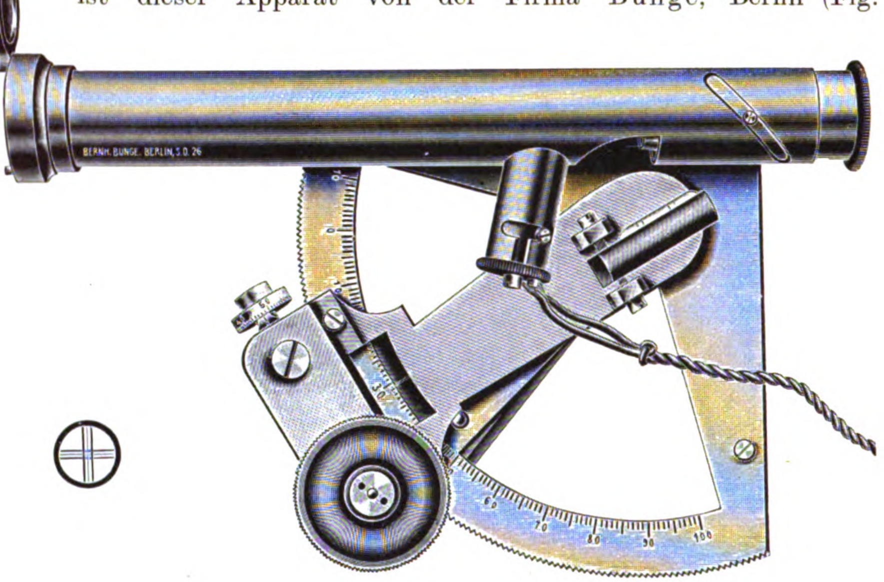


Fig. 32.

Eine weitere Veränderung stammt von Professor Schwarzschild her, dessen Libellenquadrant von der Firma Spindler u. Hoyer, Göttingen, ausgeführt wird (Fig. 33). Während man bei allen übrigen Libellenquadranten das Fernrohr auf den Stern richtet und dann erst durch Drehung der mit einer Libelle verbundenen Alhidade das Einspielen der Libelle hervorruft, ist bei Schwarzschilds Apparat die Libelle fest mit dem Fernrohr verbunden, dieses muß also horizontal gehalten werden, und der Stern wird erst durch eine Spiegelung in das Gesichtsfeld gebracht. (Über den Vorteil dieser Methode vgl. Ila-Denkschrift II, S. 107.) Dieses Instrument wurde 1909 auf der ,,Ila" preisgekrönt. Eine Neukonstruktion des letzten Jahres ist der Libellenquadrant von Professor Hartmann, ausgeführt von der Firma Hartmann & Braun (Fig. 34). Bei ihm steckt ein Trockenelement für die Beleuchtung im Handgriff, und die Ablesung des Teilkreises erfolgt nicht mehr weder mit noch ohne Nonius, sondern die Alhidade wird mit einer so sorgfältig ausgeführten Zahnung an dem Limbus herumgeführt, daß an dem unterteilten Schraubenkopf selbst die Ablesung in Minuten ermöglicht ist. — Das

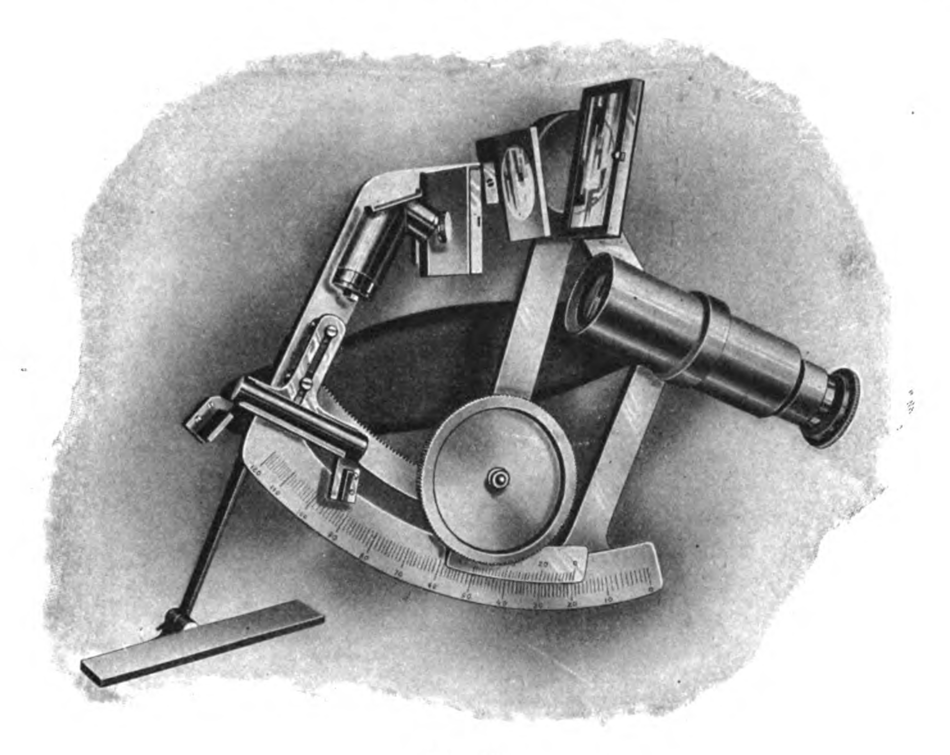


Fig. 33.

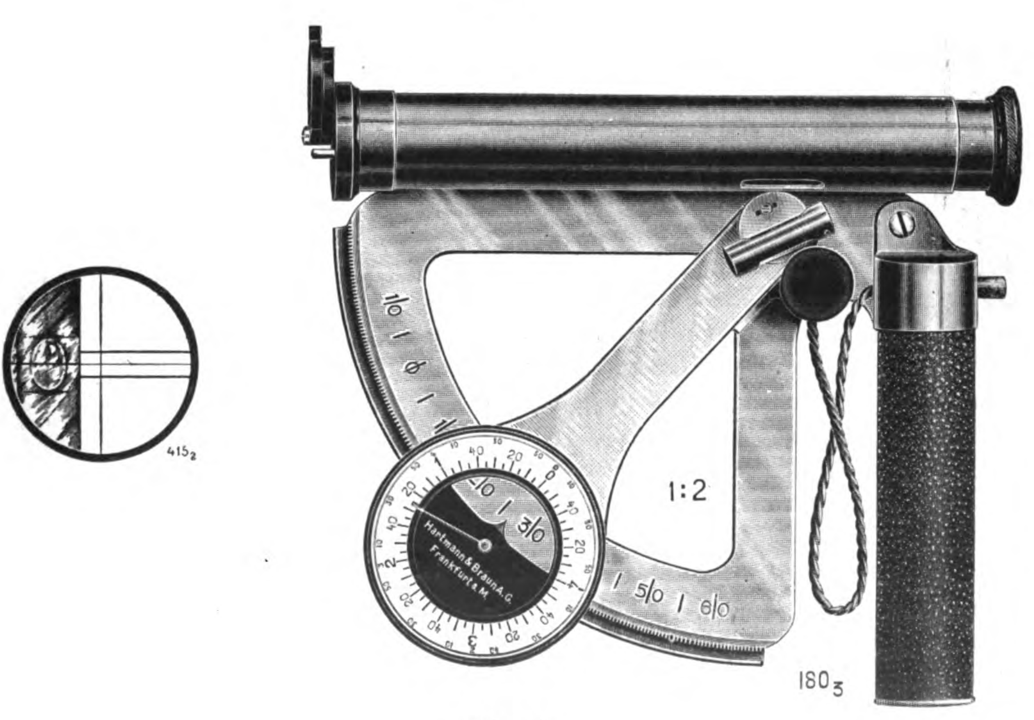


Fig. 34.



Fig. 35.

1:3 190₁

Fig. 36.

gleiche Prinzip hat für einen Theodoliten Verwendung gefunden, welcher für Ballonverfolgung dienen soll und daher schnelle Ablesungsmöglichkeit bieten muß (Fig. 35).

Das Brillsche Instrument ist zu bekannt, als daß an dieser Stelle noch ein beschreibendes Wort zu sagen wäre, es soll nur darauf aufmerksam gemacht werden, daß die Neukonstruktion von Hartmann & Braun dem Apparat einen sehr viel größeren Grad von Leichtigkeit und Handlichkeit verschafft hat (Fig. 36).

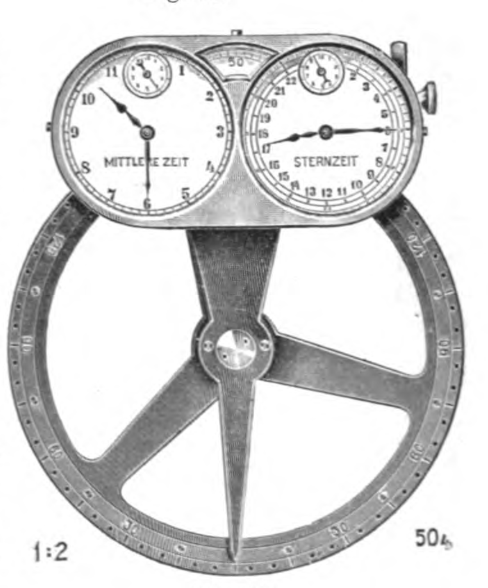


Fig. 37.

Für die astronomische Ortsbestimmung ist jeweilig die Kenntnis der Sternzeit erforderlich. Der Zeittransformator des Herrn Ingenieur Schütze, ausgeführt von der Firma Hartmann & Braun (Fig. 37), ermöglicht in einfachster Weise diese aus den Ablesungen der Taschenuhr zu ermitteln. Es handelt sich im Prinzip um zwei miteinander gekoppelte Zahnräder, deren eines 365, das andere 366 Zähne trägt. Die beiden Zahnräder sind mit Uhrzeigern verbunden, welche auf zwei Zifferblättern

spielen. Vor der Abfahrt wird die zur Null-Uhr-Erdzeit an diesem Tage gehörende Sternzeit auf der zweiten Uhr eingestellt. Richtet man dann während der Fahrt die Erduhr auf die zu einer Sternhöhemessung gehörende Zeit, so geht zwangläufig die Sternuhr mit und läßt die zugehörige astronomische Zeit sofort ablesen.

Außer diesen beschriebenen Apparaten befanden sich auf der Ausstellung noch eine Reihe von Zeichnungen, in welchen Professor Bendemann die neue Versuchsanlage in Adlershof für den Wettbewerb um den Kaiserpreis für den besten deutschen Flugmotor veranschaulichte. Die Bilder sind in der Zwischenzeit in der Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 3, S. 281, 1912, veröffentlicht.

Ferner sind zu erwähnen ein Tachometer der Fa. Morell zur Messung der Umdrehungsgeschwindigkeit von Motoren nach demselben Prinzip wie oben beschrieben gebaut, ferner ein Stabilisatormodell von Ingenieur Schnetzler. Diesem liegt der Gedanke zugrunde, daß ein möglichst reibunsglos aufgehängtes Rad von großer Masse einer Neigung des Flugzeuges nicht folgen wird und daher den Flieger bei unsichtigem Wetter über eine plötzliche Veränderung seiner Stellung im Raum orientieren kann[1]). Schließlich sei noch auf einen Böenfühler hingewiesen, welchen Leutnant a. D. Raabe in einer Ausführung der Firma Albert-Frankfurt als Modell aufgestellt hatte. Es handelt sich dabei um eine zu Lehrzwecken erdachte Apparatur mit einer Reihe von elektrischen Kontakten, die von den Enden der Tragflächen zum Führersitz geführt sind und eine plötzlich außen angreifende Kraft durch Bewegungen eines Modells sowie durch Aufleuchten von Glühlampen dem Flieger zur Kenntnis bringen soll, ehe das Flugzeug selbst an der Bewegung teilnimmt.

Die vorstehende Beschreibung der ausgestellten Apparate ist nach Möglichkeit durch Figuren illustriert, welche dem liebenswürdigen Entgegenkommen der verschiedenen Firmen zu verdanken sind.

Frankfurt a. M., Dezember 1912.

---

[1]) Der Apparat wird jetzt von der Firma Hartmann & Braun ausgeführt.

Jahrbuch der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik

II. Band 1913/14



Berlin
Verlag von Julius Springer
1914

Inhaltverzeichnis.

1. Lieferung. Seite

Geschäftliches.
I. Satzung 1
II. Gesamtvorstand 7
III. Geschäftsführender Vorstand: Geschäftsstelle usw. 7
IV. Wissenschaftlich-Technischer Ausschuß 8
V. Unterausschüsse 9
Kurzer Versammlungsbericht 12
1. Zwischen der 1. Hauptversammlung 1912 und der 2. Hauptversammlung 1913 12
2. Verlauf der 2. Ordentlichen Mitglieder-Versammlung 1913 17
Geschäftssitzung 25
Vorträge der 2. Ordentlichen Mitgliederversammlung 1913:
„Über Motorsysteme." Professor Baumann, Stuttgart 40
Diskussion zu diesem Vortrag 62
„Ein Apparat zur Untersuchung der Windstruktur (Anemoklinograph) der Siemens & Halske A.-G." Dr. H. Gerdien, Berlin 67
Diskussion zu diesem Vortrag 79
„Rechtsfragen der Luftfahrt." Geh. Finanzrat Dr. Erythropel, Berlin 81

2. Lieferung.

Vorträge der 2. Ordentlichen Mitgliederversammlung 1913:
„Erforschung der höheren Luftschichten durch Organisation eines internationalen Netzes von Pilotballonstationen." Prof. P. Polis, Aachen 93
„Luftfahrt und Mechanik." Prof. Dr.-Ing. A. Pröll, Danzig 94
Diskussion zu diesem Vortrag 113
„Der heutige Stand der Flugmaschinen-Konstruktionen." Prof. Dr.-Ing. Bendemann, Adlershof 118
Diskussion zu diesem Vortrag 141
„Welche Anforderungen müssen an die Gesundheit der Führer von Luftfahrzeugen gestellt werden?" Dr. E. Koschel, Berlin 143
Diskussion zu diesem Vortrag 157
„Die Augen der Luftfahrer." Dr. Halben, Berlin 158
„Die Quellen der elektrischen Ladung eines Luftfahrzeuges." Dr. F. Linke, Frankfurt a. M.. 169
„Über elektrische Eigenschaften von Ballonstoffen." Dr. Dieckmann, München . . . 172
Diskussion zu diesen Vorträgen 178

3. Lieferung.

Vorbericht. Geschäftsführer Béjeuhr 185
Tätigkeit der Geschäftsstelle. Geschäftsführer Béjeuhr 188
Berichte der Ausschüsse:
Wissenschaftlich-Technischer Ausschuß. Major z. D. Professor Dr.-Ing. von Parseval, Berlin 188

Seite

Prüfungs-Ausschuß zur Beurteilung von Erfindungen.
α) Überblick über die Tätigkeit. Geschäftsführer Béjeuhr 190
β) Kritischer Bericht. Major z. D. Professor Dr.-Ing. von Parseval, Berlin . 193
Ausschuß für literarische Auskünfte und Literaturzusammenstellung. Professor Dr.-Ing. Bendemann, Adlershof 195
Auschuß für Motoren. Se. Magnifizenz Professor Romberg, Charlottenburg 196
Mit Referaten von Dr. Mader, Dr. Bergmann und Geheimrat Prof. Scheit 196
Ausschuß für medizinische und psychologische Fragen. Hofrat Professor Dr. Friedländer, Hohe Mark i. T. 212
Ausschuß für Vereinheitlichung der Fachsprache. Professor Dr. E. Meyer, Charlottenburg 220
Ausschuß für elektrostatische Fragen. Dozent Dr. Linke, Frankfurt a. M. 222
Ausschuß für konstruktive Fragen der Luftfahrzeuge mit besonderer Berücksichtigung der Sicherheitsvorschriften. Professor Dr.-Ing. Reißner, Berlin 223
Ausschuß für Meßwesen 224

Jahrbuch der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik

II. Band 1913/14

1. Lieferung



Berlin
Verlag von Julius Springer
1914

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Geschäftliches
I. Satzung 1
II. Gesamtvorstand 7
III. Geschäftsführender Vorstand: Geschäftsstelle usw. 7
IV. Wissenschaftlich-Technischer Ausschuß 8
V. Unterausschüsse 9
Kurzer Versammlungsbericht 12
1. Zwischen der 1. Hauptversammlung 1912 und der 2. Hauptversammlung 1913 12
2. Verlauf der 2. Ordentlichen Mitglieder-Versammlung 1913 17
Geschäftssitzung 25
Vorträge der 2. Ordentlichen Mitgliederversammlung 1913
„Über Motorsysteme“, Professor Baumann, Stuttgart 40
Diskussion zu diesem Vortrag 62
„Ein Apparat zur Untersuchung der Windstruktur“ (Anemoklinograph) der Siemens & Halske A. G., Dr. H. Gerdien, Berlin 67
Diskussion zu diesem Vortrag 79
„Rechtsfragen der Luftfahrt“, Geh. Finanzrat Dr. Erythropel, Berlin 81

Wir möchten an dieser Stelle die ganz besondere Bitte an die verehrlichen Mitglieder richten, uns vor der nächsten Versammlung die Adressen aller in Frage kommenden ihnen bekannten Stellen gütigst mitteilen zu wollen, damit die Einladungen möglichst vollständig ergehen. Diese Adressenangabe ist uns auch deshalb von großem Wert, weil wir hierdurch die rege Werbetätigkeit der Mitglieder, die unbedingt nötig ist, am besten unterstützen können.

I. Satzung.

I. Name und Sitz der Gesellschaft.

§ 1.

Die am 3. April 1912 gegründete Gesellschaft führt den Namen „Wissenschaftliche Gesellschaft für Flugtechnik E.V." und hat ihren Sitz in Berlin. Sie ist in das Vereinsregister des Königlichen Amtsgerichts Berlin-Mitte eingetragen unter dem Namen:

„Wissenschaftliche Gesellschaft für Flugtechnik. Eingetragener Verein."

II. Zweck der Gesellschaft.

§ 2.

Zweck der Gesellschaft ist der Zusammenschluß von Fachleuten der Luftfahrtechnik, der Luftfahrwissenschaft und anderen mit der Luftfahrt in Beziehung stehenden Kreisen zur Erörterung und Behandlung theoretischer und praktischer Fragen des Luftfahrzeugbaues und -betriebes.

§ 3.

Mittel zur Erreichung dieses Zweckes sind:

1. Versammlungen, in denen Vorträge gehalten und Fachangelegenheiten besprochen werden,
2. Druck und Versendung der Vorträge und Besprechungen an die Mitglieder,
3. Beratung wichtiger Fragen in Sonderausschüssen,
4. Stellung von Aufgaben und Anregung von Versuchen zur Klärung wichtiger luftfahrtechnischer Fragen,
5. Herausgabe von Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Luftfahrtechnik und Wissenschaft.

III. Mitgliedschaft.

§ 4.

Die Gesellschaft besteht aus:

1. ordentlichen Mitgliedern,
2. außerordentlichen Mitgliedern,
3. Ehrenmitgliedern.

§ 5.

Ordentliche Mitglieder können nur Personen in selbständiger Stellung werden, die auf dem Gebiet der Luftfahrtechnik oder Luftfahrwissenschaft tätig sind, oder von denen sonst eine Förderung der Gesellschaftszwecke zu erwarten ist.

Das Gesuch um Aufnahme als ordentliches Mitglied ist an den Geschäftsführenden Vorstand (§ 18 Absatz 2) zu richten, der über die Aufnahme entscheidet. Das Gesuch hat den Nachweis zu enthalten, daß die Voraussetzungen in § 5 Abs. 1 erfüllt sind. Dieser Nachweis ist von zwei ordentlichen Mitgliedern durch Namensunterschrift zu bestätigen.

Lehnt der Geschäftsführende Vorstand aus irgendwelchen Gründen die Entscheidung über die Aufnahme ab, so entscheidet der Gesamtvorstand (§ 18 Abs. 1) über die Aufnahme.

Wird das Aufnahmegesuch vom Geschäftsführenden Vorstand abgelehnt, so ist Berufung an den Gesamtvorstand (§ 18 Abs. 1) gestattet, der endgültig entscheidet.

§ 6.

Außerordentliche Mitglieder können Personen oder Körperschaften werden, welche die Drucksachen der Gesellschaft zu beziehen wünschen. Bei nicht rechtsfähigen Gesellschaften erwirbt ihr satzungsmäßig oder besonders bestellter Vertreter die außerordentliche Mitgliedschaft.

Das Gesuch um Aufnahme als außerordentliches Mitglied ist an den Geschäftsführenden Vorstand zu richten, der über die Aufnahme entscheidet.

§ 7.

Zu Ehrenmitgliedern können vom Gesamtvorstande nur solche Personen erwählt werden, welche sich um die Zwecke der Gesellschaft hervorragend verdient gemacht haben.

§ 8.

Jedes eintretende ordentliche Mitglied zahlt ein Eintrittsgeld von 20,— M.

§ 9.

Jedes ordentliche Mitglied zahlt für das vom 1. April bis 31. März laufende Geschäftsjahr einen Beitrag von 25,— M., der jedesmal im April zu entrichten ist. Mitglieder, die im Laufe des Geschäftsjahres eintreten, zahlen den vollen Jahresbeitrag innerhalb eines Monats nach der Aufnahme. Beiträge, die in der vorgeschriebenen Zeit nicht eingegangen sind, werden durch Postauftrag oder durch Postnachnahme eingezogen.

§ 10.

Ordentliche Mitglieder und Körperschaften können durch einmalige Zahlung von 500,— M lebenslängliche Mitglieder werden und sind dann von der Zahlung der Jahresbeiträge befreit.

§ 11.

Jedes außerordentliche Mitglied zahlt für das Geschäftsjahr einen Beitrag von 25,— M.; ein Eintrittsgeld wird von außerordentlichen Mitgliedern nicht erhoben.

§ 12.

Ehrenmitglieder sind von der Zahlung der Jahresbeiträge befreit.

§ 13.

Die ordentlichen Mitglieder haben das Recht, an sämtlichen Versammlungen der Gesellschaft mit beschließender Stimme teilzunehmen, Anträge zu stellen sowie das Recht, zu wählen und gewählt zu werden; sie haben Anspruch auf Bezug der gedruckten Verhandlungsberichte.

§ 14.

Die außerordentlichen Mitglieder haben Anspruch auf Bezug der gedruckten Verhandlungsberichte; sie sind nicht stimmberechtigt, haben aber das Recht, den wissenschaftlichen und technischen Veranstaltungen der Gesellschaft beizuwohnen. Körperschaftliche Mitglieder dürfen nur einen Vertreter entsenden.

§ 15.

Ehrenmitglieder haben sämtliche Rechte der ordentlichen Mitglieder.

§ 16.

Mitglieder können jederzeit aus der Gesellschaft austreten. Der Austritt erfolgt durch schriftliche Anzeige an den Geschäftsführenden Vorstand und befreit nicht von der Entrichtung des laufenden Jahresbeitrages. Mit dem Austritt erlischt jeder Anspruch an das Vermögen der Gesellschaft.

§ 17.

Erforderlichenfalls können Mitglieder auf einstimmig gefaßten Beschluß des Gesamtvorstandes ausgeschlossen werden. Gegen einen derartigen Beschluß gibt es keine Berufung. Mit dem Ausschlusse erlischt jeder Anspruch an das Vermögen der Gesellschaft.

IV. Vorstand.

§ 18.

Der Gesamtvorstand der Gesellschaft setzt sich zusammen aus:

1. dem Ehrenvorsitzenden,
2. drei Vorsitzenden und
3. wenigstens sechs, höchstens dreißig Beisitzern.

Den Geschäftsführenden Vorstand im Sinne des § 26 des Bürgerlichen Gesetzbuches bilden die drei Vorsitzenden, die den Geschäftskreis (Vorsitzender, stellvertretender Vorsitzender und Schatzmeister) unter sich verteilen.

§ 19.

An der Spitze der Gesellschaft steht der Ehrenvorsitzende. Diesem wird das auf Lebenszeit zu führende Ehrenamt von den im § 18 Absatz 1 genannten übrigen Mitgliedern des Gesamtvorstandes angetragen. Er führt in den Versammlungen des Gesamtvorstandes und in der Mitgliederversammlung den Vorsitz, kann an allen Sitzungen teilnehmen und vertritt bei besonderen Anlässen die Gesellschaft. An der rechtlichen Vertretung der Gesellschaft wird hierdurch nichts geändert. Im Behinderungsfalle tritt an Stelle des Ehrenvorsitzenden einer der drei Vorsitzenden.

§ 20.

Die übrigen Mitglieder des Gesamtvorstandes werden von den stimmberechtigten Mitgliedern der Gesellschaft auf die Dauer von drei Jahren gewählt. Nach Ablauf eines jeden Geschäftsjahres scheidet der jeweilig dienstälteste Vorsitzende und das jeweilig dienstälteste Drittel der Beisitzer aus, bei gleichem Dienstalter entscheidet das Los. Eine Wiederwahl ist zulässig.

Scheidet ein Vorsitzender während seiner Amtsdauer aus sonstigen Gründen aus, so muß der Gesamtvorstand aus der Reihe der Beisitzer einen Ersatzmann wählen, der sich verpflichtet, das Amt anzunehmen und bis zur nächsten ordentlichen Mitgliederversammlung zu führen. Für den Rest der Amtsdauer des ausgeschiedenen Vorsitzenden wählt die ordentliche Mitgliederversammlung einen neuen Vorsitzenden.

Scheidet ein Beisitzer während seiner Amtsdauer aus einem anderen als dem in Absatz 1 bezeichneten Grunde aus, so kann der Gesamtvorstand aus den stimmberechtigten Mitgliedern einen Ersatzmann wählen, der sich verpflichtet, das Amt anzunehmen und bis zur nächsten ordentlichen Mitgliederversammlung zu führen.

§ 21.

Der Vorsitzende des Geschäftsführenden Vorstandes (§ 18 Absatz 2) leitet dessen Verhandlungen. Er beruft den Gesamtvorstand und den Geschäftsführenden Vorstand, so oft es die Lage der Geschäfte erfordert, insbesondere wenn 2 Mitglieder des Gesamtvorstandes oder des Geschäftsführenden Vorstandes es beantragen. Die Einladungen erfolgen schriftlich; einer Mitteilung der Tagesordnung bedarf es nicht.

§ 22.

Der Geschäftsführende Vorstand besorgt alle Angelegenheiten der Gesellschaft, insoweit sie nicht dem Gesamtvorstande oder der Mitgliederversammlung vorbehalten sind.

Urkunden, welche die Gesellschaft verpflichten sollen, sowie Vollmachten sind — vorbehaltlich des § 26 und § 27 h bis k — unter dem Namen der Gesellschaft von 2 Vorsitzenden zu

unterzeichnen. Durch Urkunden solcher Art wird die Gesellschaft auch dann verpflichtet, wenn sie ohne einen Beschluß des Geschäftsführenden Vorstandes oder des Gesamtvorstandes ausgestellt sein sollten.

§ 23.

Der Geschäftsführende Vorstand muß in jedem Jahre eine Sitzung abhalten, in der unter Beobachtung der Vorschrift des § 34 Satz 1 die Tagesordnung für die ordentliche Mitgliederversammlung festgesetzt wird. Die Sitzung muß so rechtzeitig abgehalten werden, daß die ordnungsmäßige Einberufung der ordentlichen Mitgliederversammlung nach § 36 noch möglich ist.

§ 24.

Die Beschlüsse des Geschäftsführenden Vorstandes werden mit Stimmenmehrheit gefaßt.

§ 25.

Ist ein Mitglied des Geschäftsführenden Vorstandes behindert, an dessen Geschäften teilzunehmen, so hat der Gesamtvorstand aus der Reihe der Beisitzer einen Stellvertreter zu wählen.

§ 26.

Der Schatzmeister führt und verwahrt die Gesellschaftskasse und nimmt alle Zahlungen für die Gesellschaft gegen seine alleinige Quittung in Empfang.

§ 27.

Zum Geschäftskreis des § 18 Abs. 1 bezeichneten Gesamtvorstandes gehören folgende Angelegenheiten:

a) Wahl der Ehrenmitglieder (§ 7),
b) Entscheidung über ein Gesuch um Aufnahme als ordentliches Mitglied, wenn der Geschäftsführende Vorstand die Entscheidung abgelehnt hat (§ 5 Abs. 3),
c) Entscheidung über die Berufung gegen einen Beschluß des Geschäftsführenden Vorstandes, durch den ein Gesuch um Aufnahme als ordentliches Mitglied abgelehnt ist (§ 5 Absatz 4),
d) Ausschluß von Mitgliedern (§ 17),
e) Zusammensetzung von Ausschüssen, insbesondere eines Wissenschaftl.-Technischen Ausschusses (§ 3 Nr. 3),
f) Wahl von Ersatzmännern und Stellvertretern für Mitglieder des Gesamtvorstandes in den Fällen des § 20 Abs. 2 und 3 und des § 25,
g) Einberufung der ordentlichen und außerordentlichen Mitgliederversammlungen,
h) Eingehen von Verpflichtungen der Gesellschaft, die im Einzelfalle den Betrag von 2000 M. überschreiten,
i) Anstellung eines besoldeten Geschäftsführers,
k) Anstellung von Personal, dessen Einzelgehalt mehr als 1500 M. jährlich beträgt.

§ 28.

Der Gesamtvorstand muß in jedem Jahr eine Sitzung abhalten; er ist beschlußfähig, wenn mindestens 4 seiner Mitglieder zugegen sind.

Die Beschlüsse werden mit einfacher Stimmenmehrheit gefaßt. Bei Stimmengleichheit entscheidet die Stimme des Ehrenvorsitzenden, im Behinderungsfalle die seines Stellvertreters (§ 19 Satz 4), bei Wahlen das Los.

§ 29.

Der Wissenschaftlich-Technische Ausschuß (§ 27 e) ist die Mittelstelle für alle sachlichen Fragen. Er bildet aus seinen Mitgliedern Unterausschüsse für die Bearbeitung von Einzelfragen und bereitet das wissenschaftlich-technische Programm für die Mitgliederversammlungen vor.

Die Unterausschüsse haben das Recht, sich aus der Reihe der ordentlichen Mitglieder zu ergänzen.

Den Vorsitz des Wissenschaftlich-Technischen Ausschusses führt ein Mitglied des Geschäftsführenden Vorstandes, den Vorsitz der Unterausschüsse je ein vom Wissenschaftlich-Technischen Ausschuß hierzu beauftragtes Ausschußmitglied.

§ 30.

Der Geschäftsführer der Gesellschaft hat die ihm übertragenen Geschäfte nach den Anweisungen des Gesamtvorstandes und des Geschäftsführenden Vorstandes zu erledigen.

Der Geschäftsführer muß zu allen Sitzungen des Gesamtvorstandes und des Geschäftsführenden Vorstandes zugezogen werden, in denen er beratende Stimme hat.

V. Mitgliederversammlungen.

§ 31.

Zum Geschäftskreis der Mitgliederversammlungen gehören folgende Angelegenheiten:

1. Entgegennahme des vom Gesamtvorstande zu erstattenden Jahresberichts,
2. Entgegennahme des vom Wissenschaftlich-Technischen Ausschuß zu erstattenden Jahresberichts,
3. Entgegennahme des Berichts der Rechnungsprüfer und Entlastung des Gesamtvorstandes von der Geschäftsführung des vergangenen Jahres,
4. Wahl des Vorstandes (mit Ausnahme des Ehrenvorsitzenden [§ 19]),
5. Wahl von 2 Rechnungsprüfern für das nächste Jahr,
6. Beschlußfassung über den Ort der nächsten ordentlichen Mitgliederversammlung,
7. Beschlußfassung über vorgeschlagene Satzungsänderungen,
8. Beschlußfassung über Auflösung der Gesellschaft.

§ 32.

Die Mitgliederversammlung ist das oberste Organ der Gesellschaft. Sie ist befugt, in allen Angelegenheiten Beschlüsse zu fassen, die für den Geschäftsführenden Vorstand und den Gesamtvorstand bindend sind. Die Vertretungsbefugnis des Geschäftsführenden Vorstande und des Gesamt-Vorstandes nach außen wird durch diese Beschlüsse nicht eingeschränkt.

§ 33.

Die Mitgliederversammlungen der Gesellschaft zerfallen in:

1. die ordentliche Mitgliederversammlung,
2. außerordentliche Mitgliederversammlungen.

§ 34.

Die ordentliche Mitgliederversammlung soll jährlich möglichst im Mai abgehalten werden. In dieser sind die in § 31 unter 1 bis 6 aufgeführten geschäftlichen Angelegenheiten zu erledigen und die Namen der neuen Gesellschaftsmitglieder bekannt zu geben. Ferner haben wissenschaftliche Vorträge und Besprechungen stattzufinden.

§ 35.

Zu den Mitgliederversammlungen erläßt der Geschäftsführende Vorstand die Einladungen unter Mitteilung der Tagesordnung.

Außerordentliche Mitgliederversammlungen können vom Gesamtvorstande unter Bestimmung des Ortes anberaumt werden, wenn es die Lage der Geschäfte erfordert.

Eine solche außerordentliche Mitgliederversammlung muß innerhalb 4 Wochen statt finden, wenn ein dahingehender von mindestens 30 stimmberechtigten Mitgliedern unterschriebener Antrag mit Angabe des Beratungsgegenstandes eingereicht wird.

§ 36.

Alle Einladungen zu Mitgliederversammlungen müssen mindestens 3 Wochen vorher schriftlich an die Gesellschaftsmitglieder ergehen.

§ 37.

Die Anträge von Mitgliedern müssen dem Geschäftsführer 14 Tage und, soweit sie eine Satzungsänderung oder die Auflösung der Gesellschaft betreffen, 4 Wochen vor der Versammlung mit Begründung schriftlich durch eingeschriebenen Brief eingereicht werden.

§ 38.

In den Mitgliederversammlungen werden die Beschlüsse, soweit sie nicht Änderungen der Satzung oder des Zweckes oder die Auflösung der Gesellschaft betreffen, mit einfacher Stimmenmehrheit der anwesenden stimmberechtigten Mitglieder gefaßt. Bei Stimmengleichheit entscheidet die Stimme des Vorsitzenden, bei Wahlen das Los.

§ 39.

Eine Abänderung der Satzung oder des Zweckes der Gesellschaft kann nur durch einen Mehrheitsbeschluß von drei Vierteln der in einer Mitgliederversammlung erschienenen stimmberechtigten Mitglieder erfolgen.

§ 40.

Wenn nicht mindestens 20 anwesende stimmberechtigte Mitglieder namentliche Abstimmung verlangen, wird in allen Versammlungen durch Erheben der Hand abgestimmt. Wahlen erfolgen durch Stimmzettel oder durch Zuruf. Sie müssen durch Stimmzettel erfolgen, sobald der Wahl durch Zuruf auch nur von einer Seite widersprochen wird.

Ergibt sich bei einer Wahl nicht sofort die Mehrheit, so sind bei einem zweiten Wahlgange diejenigen beiden Kandidaten zur engeren Wahl zu bringen, für die vorher die meisten Stimmen abgegeben waren. Bei Stimmengleichheit kommen alle, welche die gleiche Stimmenzahl erhalten haben, in die engere Wahl. Wenn auch der zweite Wahlgang Stimmengleichheit ergibt, entscheidet das Los darüber, wer in die engere Wahl zu kommen hat. (Siehe § 28 Abs. 2.)

§ 41.

In allen Versammlungen führt der Geschäftsführer eine Niederschrift, die von dem jeweiligen Vorsitzenden der Versammlung unterzeichnet wird.

§ 42.

Die Geschäftsordnung für die Versammlungen wird vom Gesamtvorstande festgestellt und kann auch von diesem durch einfache Beschlußfassung geändert werden.

VI. Auflösung der Gesellschaft.

§ 43.

Die Auflösung der Gesellschaft darf nur dann zur Beratung gestellt werden, wenn sie von sämtlichen Mitgliedern des Gesamtvorstandes oder von 50 stimmberechtigten Mitgliedern beantragt wird.

Die Auflösung der Gesellschaft kann nur durch $^3/_4$-Mehrheit der stimmberechtigten Mitglieder beschlossen werden. Ist die Versammlung jedoch nicht beschlußfähig, so kann eine zweite zu gleichem Zwecke einberufen werden, bei der eine Mehrheit von $^3/_4$ der anwesenden stimmberechtigten Mitglieder über die Auflösung entscheidet.

§ 44.

Bei Auflösung der Gesellschaft ist auch über die Verwendung des Gesellschaftsvermögens Beschluß zu fassen, doch darf es nur zur Förderung der Luftfahrt verwendet werden.

II. Gesamtvorstand:

Ehrenvorsitzender:

SEINE KÖNIGLICHE HOHEIT
PRINZ HEINRICH VON PREUSSEN,
Dr.-Ing.

3 Vorsitzende:

Geheimer Regierungsrat Dr. von Böttinger, Mitglied des Herrenhauses, Elberfeld,
Professor Dr. Dr.-Ing. von Parseval, Major z. D., Charlottenburg.
Professor Dr. Prandtl - Göttingen.

Beisitzer:

Geheimer Oberregierungsrat Albert-Berlin, Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Aßmann-Lindenberg, Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Barkhausen - Hannover, Professor Dr.-Ing. Bendemann - Adlershof, Deutsche Versuchsanstalt, August Euler - Frankfurt a. M., Geheimrat Professor Dr. Finsterwalder - München, Exzellenz von der Goltz, Generalleutnant z. D., Berlin, Bankier Hagen - Potsdam, Exzellenz von Hänisch, Generalleutnant, General-Inspekteur des Militär-Verkehrswesens, Berlin, Professor Dr. Hartmann - Frankfurt a. M., Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Hergesell - Straßburg, Exzellenz Freiherr von Lyncker, General d. Inf. z. D., Berlin, Exzellenz Merten, Vize-Admiral z. D., Berlin, Exzellenz Naumann, Wirklicher Geheimer Rat, Ministerialdirektor, Dr., Berlin, Exzellenz von Nieber, Generalleutnant z. D., Berlin, Max Oertz - Hamburg, Oberstleutnant Oschmann - Berlin, Marinebaumeister Pietzker †, Privatdozent, Berlin, Professor Dr.-Ing. Reißner - Charlottenburg, Professor Romberg Rektor der Technischen Hochschule Charlottenburg, Geheimer Hofrat Professor Scheit - Dresden, Geheimer Regierungsrat Professor Schütte - Danzig, Graf von Sierstorpff - Berlin, Geheimer Oberregierungsrat Dr. Tull - Berlin, Professor Dr. Wachsmuth, Rektor der Akademie, Frankfurt a. M., Wirklicher Geheimer Oberbaurat Dr. Zimmermann - Berlin.

Syndikus: Geheimer Finanzrat Dr. Erythropel - Berlin.

Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Grübler - Dresden als Vertreter des Ortsausschusses Dresden.

III. Geschäftsführender Vorstand.

Geheimer Regierungsrat Dr. v. Böttinger - Elberfeld, Prof. Dr. von Parseval - Charlottenburg, Professor Dr. Prandtl - Göttingen.

Geschäftsführer:

Paul Béjeuhr.

Geschäftsstelle: Berlin W 30, Nollendorfplatz 3.

Telegrammadresse: Flugwissen; Telephon: Amt Nollendorf Nr. 2920—2921.

IV. Wissenschaftlich-Technischer Ausschuß:

Professor Dr. F. Ahlborn - Hamburg.
Geheimrat Professor Dr. R. Aßmann - Lindenberg, Kreis Beeskow.
Geheimrat Professor Dr. Barkhausen - Hannover.
Professor A. Baumann - Stuttgart-Uhlbach.
Professor Dr.-Ing. F. Bendemann - Adlershof.
Geheimrat Professor Berndt - Darmstadt.
Professor Dr. von dem Borne - Krietern.
Geheimrat Dr. von Böttinger, Mitglied des Herrenhauses, Elberfeld.
Geheimrat Professor Dr. E. Brauer - Karlsruhe.
Marinebaumeister Coulmann - Kiel.
Oberingenieur Dürr - Friedrichshafen a. B.
Professor Dr. Emden - München.
Fabrikbesitzer August Euler - Frankfurt a. M.
Geheimrat Professor Dr. Finsterwalder - München-Neuwittelsbach.
Professor Dr.-Ing. Föttinger - Danzig-Zoppot.
Hofrat Professor Dr. Friedländer - Hohe Mark im Taunus.
Hauptmann Geerdtz - Charlottenburg.
Ingenieur Hans Grade - Bork.
Oberstleutnant Groß - Charlottenburg.
Geheimrat Professor Dr. Grübler - Dresden-A.
Diplom-Ingenieur Karl Grulich - Gotha.
Professor Dr. Eugen Hartmann - Frankfurt a. M.
Geheimrat Professor Dr. Hergesell - Straßburg i. E.
Technischer Direktor Helmuth Hirth - Johannisthal b. Berlin.
Professor Junkers - Aachen.
Diplom-Ingenieur Kober - Friedrichshafen a. B.
Geheimrat Professor Dr. Köppen - Hamburg.
Direktor O. Krell - Berlin.
Regierungs- und Baurat Krey - Berlin.
Dozent Dr. Franz Linke - Frankfurt a. M.
Professor Dr. Eugen Meyer - Charlottenburg.
Geheimrat Professor Dr. Nernst - Berlin.
Werftbesitzer Max Oertz - Hamburg.
Major a. D. Professor Dr. von Parseval - Charlottenburg.
Marinebaumeister Privatdozent Pietzker †, Berlin-Südende.
Professor Dr. L. Prandtl - Göttingen.
Professor Dr.-Ing. H. Reißner - Charlottenburg.
Professor F. Romberg - Charlottenburg.
Direktor Ing. E. Rumpler - Johannisthal-Berlin.
Geheimrat Professor H. Scheit - Dresden 20.
Geheimrat Professor Schütte - Danzig.
Professor Dr.-Ing. Schlink - Braunschweig.
Diplom-Ingenieur Freiherr von Soden - Fraunhofen, Friedrichshafen a. Bodensee.
Professor Dr. Süring-Potsdam.
Direktor Willy Tischbein - Hannover.

Professor Dr. R. Wachsmuth - Frankfurt a. M.
Professor M. Weber - Charlottenburg.
Direktor Otto Wiener (Albatroswerke), Johannisthal b. Berlin.
Direktor Ernst Wolff (N. A.-G.), Oberschöneweide b. Berlin.
Wirklicher Geheimrat Dr.-Ing. H. Zimmermann - Berlin.

V. Unterausschüsse.

Ausschuß a zur Beurteilung von Erfindungen.

Obmänner: Professor Dr. von Parseval - Berlin, Professor Romberg - Charlottenburg.

Professor Dr. Ahlborn - Hamburg, Prof. Dr.-Ing. Bendemann - Adlershof, Geheimrat Professor Berndt - Darmstadt, Geheimrat Professor Dr. Grübler - Dresden, Dipl.-Ing. Grulich - Gotha, Professor Dr. Eugen Meyer - Charlottenburg, Professor Dr. Prandtl - Göttingen, Professor Dr. Schlink - Braunschweig, Professor M. Weber - Charlottenburg.

Ausschuß b für literarische Auskünfte und Literaturzusammenstellung.

Obmann: Privatdozent Marinebaumeister Pietzker †, Berlin, seit 19. Okt. Professor Dr. Ing. Bendemann - Adlershof,

Hauptmann a. D. Dr. Hildebrandt - Berlin, Dr. F. Linke - Frankfurt a. M., Professor Dr.-Ing. Reißner - Charlottenburg, Professor Romberg - Charlottenburg, Professor Dr. Wachsmuth - Frankfurt a. M.

Ausschuß c für Aerodynamik.

Obmann: Professor Dr. Prandtl - Göttingen.

Professor Dr. Ahlborn-Hamburg, Professor Dr.-Ing. Bendemann-Adlershof, Professor Dr. Emden-München, Geheimrat Professor Dr. Finsterwalder-München, Professor Dr.-Ing. Föttinger-Danzig, Oberstleutnant Groß-Berlin, Geheimrat Professor Dr. Grübler-Dresden, Dipl.-Ing. Grulich-Gotha, Geheimrat Professor Dr. Hergesell-Straßburg, Dipl.-Ing. Kober-Friedrichshafen a. B., Regierungsrat Krey-Berlin, Professor Dr. von Parseval-Charlottenburg, Professor Dr. Reißner-Charlottenburg, Professor Dr. Ing. Schlink-Braunschweig, Professor Dr. Wachsmuth-Frankfurt a. M., Direktor Wiener-Johannisthal.

Ausschuß d für Motoren.

Obmann: Professor Romberg-Charlottenburg.

Professor A. Baumann - Stuttgart, Professor Dr.-Ing. Bendemann - Adlershof, Geheimrat Professor Berndt-Darmstadt, Zivil-Ing. Conrad-Berlin, Professor Junkers-Aachen, Professor Dr. E. Meyer-Charlottenburg, Direktor Rumpler-Johannisthal, Geheimrat Professor Scheit-Dresden, Direktor Wolff-Ober-Schöneweide, Wirklicher Geheimer Oberbaurat Dr. Zimmermann-Berlin.

Ausschuß e für konstruktive Fragen der Luftfahrzeuge mit besonderer Berücksichtigung der Sicherheitsvorschriften.

Obmann: Professor Dr. Reißner-Charlottenburg.

Professor Baumann-Stuttgart, Hauptmann Geerdtz-Berlin, Oberstleutnant Groß-Berlin, Dipl.-Ing. Grulich-Gotha, Geheimrat Prof. Dr. Hergesell-Straßburg i. E., Techn. Direktor Hirth-Johannisthal, Dipl.-Ing. Kober-Friedrichshafen a. B., Prof. Dr. E. Meyer-Charlottenburg, Werftbesitzer Max Oertz-Hamburg, Professor Dr. von Parseval-Berlin,

Professor Romberg-Charlottenburg, Professor Dr. Schlink-Braunschweig, Direktor Tischbein-Hannover, Professor Weber-Charlottenburg, Direktor Wiener-Johannisthal, Direktor Wolff-Ober-Schöneweide.

Ausschuß f für medizinische und psychologische Fragen.

Obmann: Hofrat Professor Dr. Friedländer, Hohe Mark i. T.

Professor Ahlborn-Hamburg, Geheimrat Professor Dr. Aßmann-Lindenberg, Geheimrat Dr. von Böttinger-Elberfeld, Professor Cohnheim-Hamburg, Hauptmann Ernst-Straßburg, Fabrikbesitzer August Euler-Frankfurt a. M., Stabsarzt Dr. Flemming-Schöneberg, Dr. Emil Grulich-Darmstadt, Dipl.-Ing. Grulich-Gotha, Privatdozent Dr. Halben-Berlin, Geheimrat Prof. Dr. Hergesell-Straßburg i. E., Technischer Direktor Hirth-Johannisthal, Rechtsanwalt Dr. Joseph-Frankfurt a. M., Stabsarzt Dr. Koschel-Berlin, Professor Dr. Sievers-Gießen. Kooptiert von der Vereinigung zur wissenschaftlichen Erforschung des Sports und der Leibesübungen: Prof. Nicolai-Berlin, Geheimrat Professor Zuntz-Berlin.

Ausschuß g für Vereinheitlichung der Fachsprache.

Obmann: Prof. Dr. E. Meyer-Charlottenburg.

Professor Dr.-Ing. Bendemann-Adlershof, Fabrikbesitzer Euler-Frankfurt a. M., Geheimrat Prof. Dr. Finsterwalder-München, Ingenieur Hans Grade-Bork, Dipl.-Ing. Grulich-Gotha, Technischer Direktor Hirth-Johannisthal, Direktor Krell-Berlin, Werftbesitzer Max Oertz-Hamburg, Professor Dr. von Parseval-Berlin, Oberstudienrat Professor Dr. Poeschel, Rektor, Meißen-St. Afra, Professor Dr. Reißner-Charlottenburg, Direktor Rumpler-Johannisthal, Dipl.-Ing. Freiherr von Soden-Friedrichshafen a. B., Direktor Tischbein-Hannover, Direktor Wiener-Johannisthal, Direktor Wolff-Ober-Schöneweide, Wirkl. Geheimer Ober-Baurat Dr. Zimmermann-Berlin.

Ausschuß h für Meßwesen.

Obmann: Professor Dr. Wachsmuth-Frankfurt a. M.

Professor Dr. Bendemann-Adlershof, Professor Dr. v. d. Borne-Krietern-Breslau, Professor Dr. Hartmann-Frankfurt a. M., Professor Junkers-Aachen, Dipl.-Ing. Kober-Friedrichshafen a. B., Direktor Krell-Berlin, Professor Dr. Prandtl-Göttingen, Dipl.-Ing. Freiherr von Soden-Friedrichshafen a. B., Professor Dr. Süring-Potsdam, Direktor Wiener-Johannisthal.

Ausschuß i für Aerologie.

Obmann: Geheimrat Professor Dr. Aßmann-Lindenberg.

Professor von dem Borne-Krietern-Breslau, Professor Emden-München, Geheimrat Professor Dr. Hergesell-Straßburg i. Els., Geheimrat Dr. Köppen-Hamburg, Professor Dr. Polis-Aachen, Professor Dr. Stade-Berlin, Professor Dr. Süring-Potsdam.

Ausschuß k für elektrostatische Fragen.

Obmann: Dozent Dr. Linke-Frankfurt a. M.

Professor Dr. v. d. Borne-Krietern-Breslau, Dr. Dieckmann-München, Dipl.-Ing. Dr. Fuhrmann-Adlershof, Dr. Köhler-Potsdam, Dr. Meißner-Berlin, Professor Dr. Süring-Potsdam, Dr. Weil-Hannover.

Ferner hat sich zur Beratung der Ausschreibungsbestimmungen für einen

Wettbewerb um einen aufzeichnenden Beschleunigungsmesser für Flugzeuge

folgende Kommission gebildet:

Obmann: Professor Dr.-Ing. Reißner-Charlottenburg.

Professor A. Baumann-Stuttgart-Uhlbach, Professor Dr. von dem Borne-Krietern, Kreis Breslau, Dipl.-Ing. Karl Grulich-Gotha, Technischer Direktor Helmuth Hirth-Johannisthal-Berlin, Dipl.-Ing. Dr. Hoff-Köpenick, Direktor O. Krell-Berlin, Kapitän zur See Lübbert-Kiel, Professor Dr. von Parseval-Charlottenburg, Professor Dr. Prandtl-Göttingen, Professor Dr. Wachsmuth-Frankfurt a. M., Direktor Ernst Wolff-Ober-Schöneweide-Berlin.

Kurzer Versammlungsbericht.

1. Zwischen der 1. Hauptversammlung 1912 und der 2. Hauptversammlung 1913.

Nachdem durch die im November zu Frankfurt tagende 1. Hauptversammlung die Satzung der Gesellschaft angenommen war und hiermit ihre Eintragung sowie ein geschäftsmäßiges Arbeiten ermöglicht wurde, diente die erste der Versammlung folgende Zeit dazu, den Geschäftsgang der Verwaltungsstellen sowie der einzelnen Unterausschüsse zu regeln und die von der Versammlung gefaßten Beschlüsse ins Leben zu rufen.

So wurde der Vertrag mit den Herausgebern der „Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt", Herrn Zivilingenieur Ansbert Vorreiter und der Firma R. Oldenbourg, München-Berlin, betreffs Übernahme dieser Zeitschrift als offizielles Organ der Gesellschaft abgeschlossen.

Es wurde ferner der Eintritt in den Deutschen Luftfahrer-Verband herbeigeführt und endlich Vorverhandlungen mit verschiedenen Verlegern gepflogen, eine Literaturzusammenstellung über das Gebiet „Luftfahrt" herauszugeben.

Von besonderer Bedeutung für die Gesellschaft wurde Anfang des Jahres 1913, daß sie durch einige Vertreter zu den Vorbesprechungen über das neue deutsche Luftgesetz hinzugezogen wurde; bedeutungsvoller sollte aber noch die Vereinbarung mit den Reichs- und Landesbehörden sowie mit dem Kuratorium der National-Flugspende werden, nach welcher die bei diesen Stellen eingehenden Erfindungsgesuche auf dem Gebiete „Luftfahrt" von einem Ausschuß der Gesellschaft für die Behörden begutachtend erledigt wurden. Diese Tätigkeit ist der Gesellschaft bis zum 31. Dezember 1917 übertragen und als Entgelt, besonders zum Ersetzen der durch Reisen und Spesen erwachsenden Unkosten, wurden der Gesellschaft von seiten der National-Flugspende einmalig 50000 M. am 18. Februar 1913 überwiesen.

Tätigkeit des Vorstandes.

Der geschäftsführende Vorstand trat in dieser Zeit viermal, und zwar am 25. Januar, 3. Februar, 16. März und 4. Juli zu Beratungen zusammen. In den beiden letzten Tagungen folgte diesen Besprechungen auch noch eine Sitzung des Gesamtvorstandes. In der ersten Sitzung wurde gemäß des von der I. Ordentlichen Mitgliederversammlung gefaßten Beschlusses die Drucklegung der Vorträge und Versammlungsberichte für das erste Jahrbuch in 3 Lieferungen festgelegt, die durch einen gemeinsamen Einband zum Jahrbuch vereinigt werden sollten.

Da der Vorstand die Haupttätigkeit der Gesellschaft in intensiver Beratung in den Unterausschüssen erblickte, wurde in Erwägung gezogen, zu den betreffenden Kommissionssitzungen Reisegelder, d. h. Ersatz der Fahrkosten II. Klasse zu gewähren. Mit Rücksicht auf den geringen zur Verfügung stehenden Etat mußte jedoch eine Verwirklichung dieser Absicht bis auf weiteres hinausgeschoben werden.

Herr Geheimrat Dr. von Böttinger als Mitglied des Verwaltungsausschusses der National-Flugspende wurde gebeten, die beiden Anträge der Gesellschaft zu befürworten, nämlich eine einmalige Unterstützung aus dem Fonds der National-Flugspende zur Ausführung der in § 2 der Satzungen genannten Ziele der Gesellschaft zu erbitten, desgleichen für Übernahme der oben erwähnten Begutachtungstätigkeit für Erfindungsgesuche einen jährlichen Beitrag von 10 000 M.

Es wurde ferner gemäß dem Antrage des Geschäftsführers beschlossen, an Herrn Geheimrat Dr. Erythropel, vortragender Rat im Königlich Preußischen Finanzministerium, mit der Bitte heranzutreten, ehrenamtlich als Syndikus der Gesellschaft zu fungieren.

Bereits in der zweiten Sitzung konnte Herr Geheimrat Dr. von Böttinger berichten, daß dem Antrage bei der National-Flugspende, wenn auch nicht in vollem Umfange, so doch in der Art zugestimmt wäre, daß die Gesellschaft für Übernahme der Begutachtungstätigkeit, wie bereits oben erwähnt, für 5 Jahre einen einmaligen Zuschuß von 50 000 M. erhält.

Die Erfindungsgesuche der Reichs- und Landesbehörden sowie der National-Flugspende sollen im allgemeinen, falls eine Befürwortung nicht angebracht erscheint, direkt von der esellschaft an den Gesuchsteller erledigt und den betreffenden Stellen nur der Entscheid mitgeteilt werden. Nur bei Immediatgesuchen oder solchen Eingängen, bei denen eine urschriftliche Rückgabe erbeten ist, wird ein ausführliches Gutachten den Behörden mit dem Eingang zurückgegeben.

Es wurden in dieser Sitzung die ersten Vorbesprechungen für die O. M. V. 1913 gepflogen, nachdem sich Herr Geheimrat Professor Dr. Miethe und Fabrikbesitzer Krause vom Berliner Verein für Luftschiffahrt in liebenswürdigster Weise bereit erklärt hatten, die Arbeiten des Ortsausschusses für die Berliner Tagung zu leiten.

Auf der Sitzung des Gesamtvorstandes am 16. März wurde vornehmlich über das von Herrn Professor Prandtl, Göttingen, vorgeschlagene Preisausscheiben für einen registrierenden Geschwindigkeits- und Beschleunigungsmesser verhandelt, und es wurde beschlossen, nachdem die National-Flugspende für dieses Preisausschreiben einen Betrag von 2000 M. bereitgestellt hatte, von seiten der Gesellschaft weitere 1000 M. zu bewilligen.

In der Sitzung vom 4. Juni wurden die von einer besonderen Kommission inzwischen aufgestellten Entwürfe des Preisausschreibens vom Gesamtvorstand genehmigt und das Preisgericht festgesetzt.

Es wurde ferner auf Antrag von Professor Wachsmuth beschlossen, für jedes Jahr in den Vorstand einen Herrn des Ortes zu kooptieren, in welchem die nächste O. M. V. stattfinden soll.

Außerdem wurde auf Grund eines von Dr. Linke und Privatdozent Dr. Dieckmann gestellten Antrages die Errichtung eines besonderen Unterausschusses

für drahtlose Telegraphie für sehr wünschenswert gehalten und der O. M. V. die Errichtung empfohlen.

Tätigkeit der Ausschüsse.

Ist durch die Arbeiten des Vorstandes die Verwaltungstätigkeit der Gesellschaft charakterisiert, so möge in folgendem über die Tätigkeit der Unterausschüsse kurz berichtet werden.

Der Wissenschaftlich-Technische Ausschuß war für Montag, den 17. März 1913, eingeladen; nachdem sich jedoch herausstellte, daß die Arbeiten der übrigen Unterausschüsse und des Gesamtvorstandes am Montag, den 16. März, vormittags zu erledigen waren, hielt der Wissenschaftlich-Technische Ausschuß bereits am selben Nachmittag seine Sitzung ab.

Es wurden hauptsächlich von den Obmännern der einzelnen Unterausschüsse Berichte über die Tätigkeit derselben erstattet, wobei sich die Gelegenheit ergab, folgenden Beschluß zu normieren:

> Grundsätzlich sollen bei ordentlichen Mitglieder-Versammlungen keine Vorträge über Erfindungen gehalten werden, die noch nicht erprobt sind. Es kann nur von Fall zu Fall entschieden werden, ob im besonderen von diesem Grundsatz abgewichen werden soll. Jedenfalls ist der Ausschuß zur Beurteilung von Erfindungen zunächst zu befragen, ob er den betreffenden Vortrag befürworten kann.

Es wurden ferner die Vorträge für die II. O. M. V. festgesetzt und in Übereinstimmung mit dem Gesamtvorstand beschlossen, daß für Vorträge zunächst kein Honorar gezahlt wird und ferner die erstmalige Veröffentlichung des Vortrages im Jahrbuch unserer Gesellschaft zu erfolgen hat, von welcher Veröffentlichung dem Autor kostenlos 50 Sonderabdrücke zur Verfügung gestellt werden.

In der Sitzung des „Ausschusses a zur Beurteilung von Erfindungen" berichtete Herr Professor von Parseval zunächst über den jetzt eingeführten Geschäftsgang des Arbeitsausschusses zur Prüfung der Erfindungsgesuche. Grundsätzlich werden diese Gesuche vom Geschäftsführer und Herrn Dipl.-Ing.-Dr. Quittner vorgeprüft und von beiden Herren mit kurzen Angaben über den Inhalt und den Wert der Erfindung versehen. Sie gelangen alsdann an die beiden Herren Professoren von Parseval und Romberg, die ebenfalls ihre Vermerke machen. Ist die Entscheidung nach diesen Vermerken schon möglich, so wird in einer gemeinsamen Sitzung, bei der die beiden Vorprüfer beratende Stimme haben, über die Erfindung entschieden. Anderenfalls wird noch ein schriftliches oder mündliches Gutachten irgendwelcher Spezialfachleute herbeigeführt, auch ist in Aussicht genommen, bei wichtigeren Sachen gemeinsame Sitzungen von mehreren Herren des Ausschusses a einzuberufen, um über die Erfindung eingehend zu sprechen.

Der Ausschuß beschloß, in Anbetracht der außerordentlich großen Zahl von Eingängen für eine bestimmte Form der Einsendungen Fragebogen auszuarbeiten, zu denen Herr Geheimrat Professor Dr. Grübler in gütiger Weise die Ausarbeitung des ersten Schemas übernahm.

Betreffs der Ermöglichung einer Durchführung eigener Versuche mit brauchbar erscheinenden Erfindungen wurde auf Antrag von Geheimrat Grübler und Professor Wagener† beschlossen, in solchen Fällen bei den bestehenden Versuchsanstalten eine Rundfrage zu erlassen, ob diese evtl. solche Versuche anstellen wollen.

Beim „Ausschuß b für literarische Auskünfte und Literaturzusammenstellung" konnte der Vorsitzende, Marinebaumeister Pietzker†, berichten, daß, nachdem die Firma Vieweg & Sohn sich außerstande gesehen hatte, die Veröffentlichungen gemeinsam mit der Gesellschaft zu einem erschwinglichen Preise herauszugeben, mit dem Internationalen Institut für Techno-Bibliographie, Berlin, die Abmachung nahe bevorstehe, wonach dieses Institut der Gesellschaft ein Redaktionshonorar von 100 M. pro Monat vergüte und für eine monatliche Literaturzusammenstellung des Gebietes „Luftfahrt" nach dem Manuskript der Gesellschaft einen Jahrespreis von 3 M. pro Jahrgang verlange. Die Versendung müßte dann von seiten der Geschäftsstelle an die Mitglieder geschehen.

Der „Ausschuß c für Aerodynamik" ist bisher überhaupt noch nicht zum Arbeiten gekommen, da er in erster Linie in dem später zu erwähnenden Preisausschreiben für einen Geschwindigkeits- und Beschleunigungsmesser mitzuarbeiten hatte.

Der „Ausschuß d für Motoren" betonte in seiner Sitzung am 16. März die Notwendigkeit, besondere Normen für die Untersuchung von Luftfahrtmotoren aufzustellen, und zwar eine Trennung der Regeln für Abnahmeversuche von solchen für wissenschaftliche Prüfungen in geeigneter Weise zum Ausdruck zu bringen.

Für die weitere Regelung der Arbeiten wurde ein besonderer Arbeitsausschuß gewählt unter dem Vorsitz von Professor Romberg, der inzwischen in mehreren Beratungen diese Normen im Entwurf aufgestellt hat.

Der „Ausschuß f für medizinische und psychologische Fragen" trat ebenfalls am 16. März zu einer Sitzung zusammen und betonte in Beantwortung eines von Hauptmann Ernst, Straßburg, gestellten Antrages die Notwendigkeit, bei statistischen Aufstellungen die Opfer des Flugwesens in Absturz- und Landungsopfer zu trennen. Er erweiterte den Antrag des Vorjahres, Legitimationen für Ärzte durch die Generalinspektion des Militärverkehrswesens zu erhalten, um nach einem bestimmten Untersuchungsschema auf den Flugplätzen vor und nach den Flügen Untersuchungen an den Fliegern vornehmen zu können.

Bereits in der nächsten Sitzung am 4. Juni konnte der Vorsitzende darüber berichten, daß beim letzten Prinz-Heinrich-Flug seiner Anregung entsprechend die Überlandflieger nicht mehr zu Schauflügen herangezogen worden sind, und ferner, daß er infolge des Entgegenkommens des Herrn August Euler Gelegenheit gehabt hatte, dessen Flugschüler vor und nach einigen Flügen zu untersuchen. Auf dieser Sitzung wurde auch ein Antrag formuliert, dessen Annahme in der Geschäftssitzung am 5. Juni von der Hauptversammlung beschlossen worden ist.

Der „Ausschuß g für Vereinheitlichung der Fachsprache" trat ebenfalls am 16. März zusammen und einigte sich nach längerer Aussprache dahin, daß es neben dem bestehenden Sprachausschuß des Deutschen Luftfahrer-Verbandes für nützlich erachtet wurde, selbständig in seine Arbeiten einzutreten, um die einheitlichen Fachausdrücke im Flugwesen so zu normieren, daß sowohl Theoretiker

als auch Praktiker unter einem einmal festgesetzten Begriff auch dasselbe verstehen.

In seiner Sitzung vom 16. März berichtete im „Ausschuß i für Aerologie" der Obmann, Geheimrat Professor Dr. Aßmann, über die Versuche, die Drachen-Registrierapparate in Flugzeugen darart anzubringen, daß der Führer aus den Kurven sofortige Schlüsse auf die Bewegung der ihn umgebenden Luft ziehen kann. Die Versuche sind vor allen Dingen daran gescheitert, daß sich ein passender Platz für die Unterbringung des Apparates bei Eindeckern mit vorderer Saugschraube kaum finden läßt und ferner, daß die Erschütterungen des Motors die Registrierkurven außerordentlich erschweren. Es werden jedoch Verbesserungsversuche angestellt, so daß begründete Aussicht besteht, den Apparat noch in zufriedenstellender Weise für Flugzeuge umzubauen.

Der „Ausschuß k für luftelektrische Fragen" hatte vor der Hauptversammlung 1912 überhaupt keine Gelegenheit, zu einer Sitzung zusammenzutreten, so daß in der Sitzung am 16. März erst das Arbeitsprogramm des Ausschusses aufgestellt werden mußte. Da die Mitgliederzahl des Ausschusses sich als viel zu gering erwies, wurden noch eine Reihe Herren kooptiert, von denen einige bereits dieser Sitzung beiwohnen konnten.

Der Ausschuß stellte sein Arbeitsgebiet etwa folgendermaßen zusammen:

> Es sollen die luftelektrischen Erscheinungen, und zwar die Ladung eines Fahrzeuges durch das elektrische Feld der Atmosphäre, durch freie Ionen und durch das ultra-violette Licht der Sonnenstrahlen untersucht werden, wenn sie auch als Gefahrenquellen kaum in Frage kommen. Die weitere Untersuchung gilt der auftretenden Reibungselektrizität, z. B. durch Reibung der Stoffteile des Stoffes am Tauwerk, der Auspuffgase des Motors sowie des ausströmenden Gases selbst. Ferner bedürfen die elektrischen Erscheinungen beim Gewitter und die hiermit in Zusammenhang stehenden atmosphärischen Störungen noch in vielen Punkten der Aufklärung. Da die drahtlose Telegraphie wegen ihres wichtigen Zusammenhanges mit der Luftfahrt ein derart umfangreiches Arbeitsgebiet darstellt, daß es nicht im Rahmen dieses Ausschusses mit erledigt werden kann, wird beschlossen, anzuregen, einen besonderen Ausschuß für drahtlose Telegraphie ins Leben zu rufen.

Die „Ausschüsse e und h für konstruktive Fragen und für Meßwesen" vereinigten sich aus Zweckmäßigkeitsgründen zu einer gemeinsamen Sitzung am 16. März, um hier über das auf Antrag von Professor Dr. Prandtl von der Gesellschaft zu erlassende Preisausschreiben für einen Geschwindigkeits- und Beschleunigungsmesser zu diskutieren. Es wurden in der Sitzung die Grundzüge für den Bau eines solchen Instrumentes festgesetzt, nachdem Professor Dr. Prandtl die Notwendigkeit eines solchen von verschiedenen Seiten beleuchtet hatte, und hierauf eine besondere Unterkommission zur Ausarbeitung des Entwurfes aus folgenden Herren bestimmt: Geh. Regierungsrat Professor Dr. Aßmann, Professor Baumann, Professor Dr. von dem Borne, Dipl.-Ing. Grulich, Direktor Hirth, Dipl.-Ing. Dr. Hoff, Direktor Krell, Kapitän zur See Lübbert, Professor Dr. von Parseval, Professor Dr. Prandt, Professor Dr.-Ing.

Reißner, Professor Dr. Wachsmuth, Direktor Wolff. Als Obmann Professor Dr.-Ing. Reißner. (Geheimrat Aßmann lehnte die Wahl infolge zu vieler Arbeiten ab.)

Hierauf berichtete der Vorsitzende, Herr Professor Reißner, im Anschluß an seinen im Vorjahre auf der Hauptversammlung gehaltenen Vortrag über die Beanspruchung der Flügelholme in den verschiedensten Flugstadien, worauf sich eine sehr angeregte Diskussion entspann, an welcher sich auch die verschiedenen Konstrukteure und Flugpraktiker beteiligten.

Da die Versammlung sich nicht für kompetent erachtete, endgültige Beschlüsse zu fassen, soll zunächst theoretisches und praktisches Material gesammelt werden, um später noch einmal auf die Frage von empfehlenden Vorschlägen bzw. Vorschriften zurückzukommen, die den maßgebenden Behörden besonders für das Luftgesetz zur Verfügung gestellt werden können.

Bereits am nächsten Tage trat die für den Entwurf des Preisausschreibens gebildete Kommission zusammen und legte die Grundzüge dieses Entwurfes fest. Nach diesen Grundzügen wurde dann vornehmlich durch die Herren Professor Reißner und Dr. Hoff der Entwurf auf Grund von Besprechungen im kleinen Kreise fertiggestellt, der, nachdem er noch bei den einzelnen Mitgliedern zur Abänderung zirkuliert hatte, dem Gesamtvorstand in der Sitzung am 4. Juni vorgelegt werden konnte und in der darauffolgenden Hauptversammlung am 5. Juni in seinem Wortlaut beschlossen wurde.

2. Verlauf der Ordentlichen Mitgliederversammlung 1913.

Am Mittwoch, den 4. Juni, dem Vortage der Versammlung, fanden bereits eine Reihe Sitzungen der Unterausschüsse in den Räumen des Hotels Adlon, Unter den Linden 1, statt. So tagte z. B. der Ausschuß für medizinische und psychologische Fragen, und es fanden Besprechungen innerhalb anderer Unterausschüsse, die jedoch keine offiziellen Sitzungen abhielten, statt.

Nachmittags ½6 Uhr trat der Gesamtvorstand nach vorheriger Sitzung des Geschäftsführenden Vorstandes im Konferenzsaal des Hotels Adlon zu einer Besprechung des Programms der ordentlichen Tagung zusammen. Es wurden hauptsächlich die Beschlüsse für die morgige Versammlung formuliert und einige für die Leitung der Geschäfte wichtige Fragen erledigt.

Der Abend vereinigte die Teilnehmer der Tagung in zwangloser Weise bei Bier und kaltem Buffet im Beethovensaal desselben Hotels, welches Zusammensein in anegregtester Weise verlief. Da der hohe Protektor unserer Gesellschaft, Seine Königliche Hoheit Prinz Heinrich von Preußen, leider in letzter Stunde verhindert war, in diesem Jahre die Versammlung persönlich zu leiten, übernahm der Vorsitzende, Geheimer Regierungsrat Dr. von Böttinger, die Begrüßungsansprache, in welcher er besonders die Vertreter der hohen Staats- und Regierungsbehörden im Namen der Gesellschaft willkommen hieß.

Es zeigte sich bei diesem Begrüßungsabend aufs neue, daß gerade diese offiziell nicht vorgesehenen persönlichen Rücksprachen und Diskussionen die er-

giebigsten sind, wie überhaupt der Abend den verschiedenen Teilnehmern Gelegenheit bot, nach längerer Zeit über wichtige Fragen persönlich zu debattieren.

Am Donnerstag vormittag, pünktlich 9 Uhr, fand in der Aula der Technischen Hochschule, Charlottenburg, die **1. Fachsitzung** statt. Auch hier übernahm wegen der Verhinderung des Ehrenvorsitzenden Herr Geheimrat Dr. von Böttinger den Vorsitz, den er auch während der folgenden geschäftlichen Sitzung beibehielt. Er überbrachte zunächst der Gesellschaft die aufrichtigsten Wünsche des hohen Protektors für einen guten Verlauf der Tagung, worauf einstimmig die Absendung folgenden Huldigungstelegramms beschlossen wurde:

Prinz Heinrich von Preußen, Hemmelmark-Kiel.

Die Jahresversammlung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik gibt ihrem aufrichtigen Bedauern Ausdruck über die Verhinderung Euerer Königlichen Hoheit, ihren Beratungen zu präsidieren, versichert aber Euerer Königlichen Hoheit ihren warm empfundenen Dank für die weitgehende Förderung unserer Aufgaben durch Euere Königliche Hoheit und bittet noch besonders um Erhaltung Euerer Königlichen Hoheit hohen Huld und Gnade.

Hierauf lief nachstehende Antwort ein:

Geheimrat von Böttinger, Hochschule Charlottenburg.

Indem ich der Jahresversammlung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik aufrichtigsten Dank für telegraphischen Gruß sage, spreche ich an dieser Stelle nochmals mein Bedauern darüber aus, an der diesjährigen Versammlung nicht haben teilnehmen zu können, und wünsche ich allerbesten Verlauf unter gleichzeitiger Versicherung, die Aufgaben der Gesellschaft nach besten Kräften wie bisher fördern zu wollen.

Mit treuem Gruß

Heinrich, Prinz von Preußen.

Der Vorsitzende berichtete dann kurz, daß aus den Reihen der Gesellschaft heraus beschlossen wäre, zur Silberhochzeit des Prinzen Heinrich eine besondere Ehrengabe anzufertigen, und daß es gelungen wäre, dieselbe noch zum heutigen Tage fertigzustellen, so daß sie beim Festessen im Hotel Adlon im Vorraum aufgestellt werden könnte, wo sie allseitigen Beifall fand.

Hierauf nahm Geheimrat Professor Dr. Miethe, der Vorsitzende des Berliner Vereins für Luftschiffahrt, das Wort zu einer warmen Willkommen- und Begrüßungsansprache im Namen der Gastgeber, waren doch die Teilnehmer an der Versammlung an beiden Tagen Frühstücksgäste des Berliner Vereins für Luftschiffahrt.

Es wurde darauf unverzüglich in die **Geschäftssitzung** eingetreten und der vorgelegte Geschäftsbericht sowie der Voranschlag für das laufende Geschäftsjahr genehmigt.

Satzungsgemäß mußte ein Drittel des Gesamtvorstandes ausscheiden; die ausgelosten Herren wurden jedoch sofort auf Antrag per Akklamation wiedergewählt.

Für die nächste Ordentliche Mitgliederversammlung wurde als Tagungsort Dresden angenommen, und zwar soll die Sitzung Ende April stattfinden.

Ein öffentliches Preisausschreiben für die Konstruktion eines Flugzeug-Beschleunigungsmessers, für welches das Kuratorium der National-Flugspende 2000 M., die Wissenschaftliche Gesellschaft für Flugtechnik 1000 M. bereitgestellt hatten, wurde beschlossen.

Hierdurch war der geschäftliche Teil der Tagung erledigt. Geheimrat von Böttinger übergab Herrn Professor von Parseval den Vorsitz, der Herrn Dr.-Ing. Pröll-Danzig das Wort zu seinem Vortrag „Luftfahrt und Mechanik" erteilt.

Der Vortragende zeigt an einer Anzahl von Beispielen die vielfachen Beziehungen der Luftfahrt zur Theorie und besonders zur Mechanik. In der hierauf folgenden Diskussion, die den Traditionen unserer Gesellschaft gemäß stets dem Vortrage folgt, und an der sich die Herren Ahlborn, Bader, von Karman, Gustav Lilienthal, Prandtl, Weber und der Vortragende beteiligten, wurde den Ausführungen allseitig zugestimmt.

Hierauf folgte der Vortrag von Professor Baumann-Stuttgart über „Motoren-Systeme", der ebenfalls eine kurze, aber lebhafte Diskussion nach sich zog, und zwar beteiligten sich an dieser außer dem Vortragenden die Herren Bendemann, Euler, Gümbel. Herr Euler trat besonders für den luftgekühlten Motor ein, um auch unsere Flugzeuge zu den Leistungen zu befähigen, die denen der französischen Militärflugapparate gleichkommen.

Es folgte dann ein Vortrag von Stabsarzt Dr. Koschel: „Welche Anforderungen müssen an die Gesundheit der Führer von Luftfahrzeugen gestellt werden?", in welchem Referat Dr. Koschel seine reichen ärztlichen Erfahrungen in überaus packender Weise zum Ausdruck brachte.

Nach einem kleinen Frühstück in den angrenzenden Räumen, das, wie vorerwähnt, der Berliner Verein für Luftschiffahrt den Teilnehmern gab, besichtigten die Teilnehmer in verschiedenen Gruppen die Optische Anstalt C. P. Goerz, die Norddeutsche Gummi- und Guttaperchawaren-Fabrik, die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, die Werkzeug-Maschinen-Fabrik Ludwig Loewe & Co. Akt.-Ges., und es verdient hervorgehoben zu werden, daß die Firmen in bereitwilligster Weise für die Beförderung zu den manchmal entlegenen Fabriken eine Reihe Automobile zur Verfügung gestellt hatten. Die Besichtigung der Fabriken erfolgte stets unter geeigneter Führung von seiten der Fabrik aus, so daß die Teilnehmer in schnellster Weise über die Fabrikationseinrichtungen und Vorgänge orientiert werden konnten. Es darf hier gleich vorweggenommen werden, daß bei diesen Besichtigungen und auch nach den in den nächsten Tagen folgenden die Teilnehmer sich außerordentlich anerkennend über das Gesehene ausgesprochen haben, so daß wir nicht versäumen möchten, den betreffenden Firmen bzw. den Herren, die in gütiger Weise die Führung übernommen hatten, den verbindlichsten Dank der Gesellschaft zum Ausdruck zu bringen.

Der Abend vereinigte die Teilnehmer zum **offiziellen Festessen** im Hotel Adlon, das in sehr angeregter Weise verlief und die einzelnen Teilnehmer noch bis in die frühen Morgenstunden zusammenhielt. Es verdient hervorgehoben zu werden,

daß die Reichs- und Landesbehörden auch hierbei ihr Interesse durch Entsendung von Vertretern zeigten.

Am Freitag begann um 9 Uhr die 2. **Fachsitzung,** und zwar wurde vor Eintritt in die Tagesordnung ein Antrag von Professor Dr. Polis-Aachen angenommen, dahingehend, daß die Gesellschaft es den maßgebenden Behörden gegenüber für wünschenswert bezeichnet, einen täglich zweimaligen Aufstieg von Pilotballonen zu organisieren.

Hierauf nahm Privatdozent Dr. Halben das Wort zu einem Vortrag über „Die Augen der Luftfahrer", welcher Vortrag als Ergänzung des von Stabsarzt Dr. Koschel erstatteten Berichtes gedacht war. Im Anschluß an diesen Vortrag fand eine gemeinsame Diskussion zu beiden medizinischen Vorträgen statt.

Hierauf sprach Dr. Gerdien über einen „Apparat zur Untersuchung der Windstruktur" (Anemoklinograph), der nach seinem Entwurf im physikalisch-chemischen Laboratorium der Siemens & Halske A. G. gebaut worden ist und zurzeit im Aeronautischen Observatorium, Lindenberg, praktisch erprobt wird. Der Vortragende konnte an einem zweiten Apparat die Anzeigevorrichtung in klarer, verständlicher Weise demonstrieren.

Hierauf folgte der Vortrag von Prof. Dr.-Ing. Bendemann von der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt über „den jetzigen Stand der Flugmaschinen-Konstruktionen", den der Vortragende mit einer Reihe instruktiver Lichtbilder ausstatten konnte. Es verdient besonders unterstrichen zu werden, daß der Vortragende auf Grund seiner Studien feststellen konnte, daß Deutschland schon heute in konstruktiver Beziehung den früheren Vorsprung Frankreichs eingeholt hat. An der folgenden Diskussion beteiligten sich außer dem Vortragenden mit Rücksicht auf die vorgeschrittene Zeit nur die Herren Baumann und Lilienthal.

Die beiden nächsten Redner behandelten zwei einander recht verwandte Gebiete, und zwar sprach Dr. Dieckmann über „Elektrische Eigenschaften von Ballonstoffen" und Dr. Linke über „Die Quellen elektrischer Ladung der Luftfahrzeuge". Es war vorauszusehen, daß über dieses noch so wenig erforschte Gebiet eine umfangreiche Diskussion erfolgen würde. Sie verlief denn auch recht angeregt und mußte lediglich mit Rücksicht auf die vorgeschrittene Zeit eingeschränkt werden. Es beteiligten sich an ihr die Herren von Böttinger, Dieckmann, Gerdien, Jeserich, Linke, Schmidt, Seddig, Wachsmuth und die beiden Vortragenden.

Als letzter Vortrag folgte das Referat von Geheimrat Dr. Erythropel, Berlin, über „Rechtsfragen der Luftfahrt", in welchem der Vortragende ein übersichtlich zusammengestelltes Material über staatsrechtliche und zivilrechtliche Fragen erläuterte. Eine Diskussion ließ sich über diesen Vortrag wegen Zeitmangels nicht ermöglichen.

Nach kurzem Frühstück in der Technischen Hochschule, das wiederum der Berliner Verein für Luftschiffahrt der Versammlung gab, brachte ein Extrazug die Teilnehmer nach dem Bahnhof Johannisthal, von wo aus große Automobilomnibusse die eine Gruppe in die Motoren-Werkstätten der Neuen Automobil-Gesellschaft, die andere in das Kabelwerk „Oberspree" der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft brachte. Auch hier wurde die Füh-

rung wieder in liebenswürdigster Weise durch Vertreter der Firmen übernommen, so daß sich in beiden Fällen in schnellster Weise ein Einblick in die Fabrikationsmethode ergab. Nach diesen Besichtigungen wurde in den Automobilomnibussen zum Flugplatz Johannisthal zurückgekehrt, und zwar vereinigte zunächst ein kleiner Imbiß die Teilnehmer als Gäste des Kaiserlichen Aero-Clubs in dessen Klubhaus. Glücklicherweise hatte sich inzwischen das recht ungünstige Wetter soweit gebessert, daß nicht nur in zwanglosen Gruppen eine Besichtigung der ansässigen Flugindustrie vorgenommen werden konnte, sondern auch Flugvorführungen vor sich gingen, so daß sich bald ein reger Flugbetrieb entfaltete. Teilweise waren wie auf größeren Flugwochen 10—12 Maschinen gleichzeitig in der Luft und die Flieger ließen es sich angelegen sein, in eleganten Kurven ihr Können und die Flugfähigkeit ihrer Maschinen zu beweisen.

Der Sonnabend war in erster Linie für die Besichtigung des Kgl. Preußischen Aeronautischen Observatoriums Lindenberg vorgesehen, und zwar trafen die Teilnehmer in besonders bereitgestellten Wagen 12 Uhr 41 Min. in Lindenberg ein, von Herrn Geheimrat Dr. Aßmann und seinen Mitarbeitern in liebenswürdigster Weise begrüßt. Nach einem Frühstück, welches das Observatorium den Teilnehmern gab, folgte die Besichtigung der Observatoriumseinrichtungen unter persönlicher Führung von Geheimrat Dr. Aßmann. Nachdem im großen Schuppen die verschiedensten Instrumente erklärt und demonstriert waren und das verschiedene Ballonmaterial sowie die Füll- und Entleerungsvorrichtungen der Ballone besichtigt waren, wurde zum Drachenhügel gegangen, von wo aus Pilotballon- und Drachenaufstiege erfolgten, so daß bei dieser Gelegenheit die Instrumente und die Windevorrichtungen des Drachenhäuschens in Tätigkeit besichtigt werden konnten. Hierauf wurden die Bureauräumlichkeiten und die Einrichtungen für den Wetter, sowie den Gewitterdienst besichtigt — und es geht schon aus diesen wenigen Zeilen hervor, daß den Teilnehmern eine Fülle interessanten Materials geboten wurde.

Nach einer gemeinsamen Kaffeetafel auf Einladung von Geheimrat Dr. Aßmann wurde die Rückfahrt über den Scharmützelsee angetreten, woselbst in Pieskow das Abendessen die Teilnehmer noch einige Zeit zusammenhielt.

Es darf leider an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, daß, trotzdem ausdrücklich in den Einladungen mitgeteilt wurde, daß zu den einzelnen Besichtigungen nur eine beschränkte Anzahl Teilnehmer zugelassen werden konnte, eine ganze Reihe Herren, die sich für die Besichtigung in Lindenberg eingeschrieben hatten, am Sonnabend morgen nicht zur Stelle waren. Dies war für den Vorstand umso unangenehmer, als Herr Geheimrat Aßmann, der in überaus liebenswürdiger Weise umfangreiche Vorbereitungen für den Empfang der Teilnehmer getroffen hatte, nun dadurch enttäuscht wurde, daß wohl etwa nur die Hälfte der Herren eintraf. Es darf vielleicht erwähnt werden, daß noch am Abend vorher eine ganze Reihe Herren, die gern an der Besichtigung Lindenbergs teilnehmen wollten, zurückgewiesen werden mußten, weil die von Herrn Geheimrat Aßmann angegebene Höchstzahl bei weitem schon überschritten war.

Wir dürfen diese Gelegenheit wohl benutzen, um unsere geschätzten Mitglieder ausdrücklich zu bitten, in künftigen

Fällen die Teilnehmerkarten für irgendwelche Besichtigungen möglichst sofort zurückzugeben, wenn sie durch irgendwelche Umstände an der Teilnahme an der betreffenden Besichtigung verhindert sind.

Für den Nachmittag des 7. Juni war vom Berliner Verein für Luftschiffahrt zu Ehren unserer Gesellschaftstagung eine Internationale Ballonwettfahrt veranstaltet, zu deren Startplatz eine ganze Reihe unserer Mitglieder hinausfuhren.

So hat denn die II. Ordentliche Mitgliederversammlung den Teilnehmern eine Reihe wichtiger Vorträge und Versammlungen geboten, die ihnen sicher zu einer bleibenden schönen Erinnerung geworden sind.

An den Tagungen am 5. und 6. Juni 1913 nahmen laut der Präsenzliste unter anderen teil:

Ahlborn, Professor Dr. Fr.	Hamburg
Aßmann, Geheimer Reg. Rat Dr.	zurzeit Hann.-Münden
Bader, Hans Georg, Dipl.-Ingenieur	Dresden
Banki, Professor Donat	Budapest I.
Barkhausen, Geheimrat Dr.-Ing.	Hannover
Baumann, Professor A.	Stuttgart
Béjeuhr, Geschäftsführer der W. G. F.	Berlin.
Bendemann, Professor Dr.-Ing.	Königswusterhausen
Betz, Dipl.-Ingenieur, Albert	Göttingen
von Bieler, Dr. von	Frankfurt a. M.
Biermann, Leopold	Bremen
Bock, Dr.-Ingenieur	Chemnitz
von Böttinger, Geheimer Reg.-Rat Dr.	Elberfeld
von Böttinger, Dr. Heinz	Elberfeld
von dem Borne, Professor	Krietern
Claassen, O., Direktor Marine-Ing.	Kiel
Cohnheim, Professor O.	Hamburg
Dieckmann, Privatdozent Dr. Max	München
Dietzius, Privatdozent A.	Charlottenburg
Erythropel, Geh. Finanzrat Dr.	Berlin-Schöneberg
Euler, August	Frankfurt a. M.
Fischer, P. B., Oberlehrer	Berlin
Flemming, Stabsarzt Dr.	Berlin
Friedländer, Professor Dr.	Frankfurt a. M.
Friedländer, Korvettenkapitän a. D.	Kiel
Friese, Robert, Professor	Charlottenburg
Fritsch, Dipl.-Ing. B.	Hamburg
Fuhrmann, Dipl.-Ing. Dr.	Adlershof
von Gans, Dr.	München
Gehlen, Dipl.-Ing.	Friedrichshafen
George, Hauptmann	Charlottenburg
Gerdien, Dr. Hans	Berlin
Gimbel, Dr.-Ing.	Volksdorf bei Hamburg
Gohlke, Ingenieur	Steglitz
von Gorrissen	Johannisthal
Gradenwitz, Ing. und Fabrikbesitzer	Berlin

von Gröning, Geheimer Reg.-Rat	Berlin
Groß, Oberstleutnant	Charlottenburg
Grosse, Professor Dr.	Bremen
Grübler, Geheimrat Professor M.	Dresden
Grulich, Dipl.-Ing. Karl	Gotha
Hagen, Carl, Bankier	Berlin
Halben, Dr.	Berlin
Heis, Dr.	Tübingen
Heller, Dr.-Ing. Ed.	Adlershof
Hergesell, Geheimer Reg.-Rat Prof. Dr. H.	Straßburg
Hoff, Dipl.-Ing. C. Wilhelm	Adlershof
Hormel, Kapit.-Leutnant	Berlin
Hoßfeld, Wirkl. Geheimer Oberbaurat	Berlin
Huppert, Professor Ingenieur S.	Frankenhausen a. Kyffh.
Jaeger, Dr. M.	Koblenz
Joachimczyk, Dipl.-Ing. A. M.	Berlin
Jonas, Otto, Bankier	Hamburg
Junkers, Professor	Aachen
Kikut, Zivil.-Ingenieur Edmund	Berlin
Knoller, Professor R.	Wien
Kober, Dipl.-Ingenieur	Friedrichshafen
Kölzer, Dr. J.	Köln-Ehrenfeld
Koschel, Stabsarzt Dr.	Berlin
Krell, Direktor Otto	Berlin
Krey, Reg.-Baurat H.	Charlottenburg
Leick, Dr. A.	Berlin
Lepsius, Professor Dr.	Berlin
Lilienthal, Baumeister Gustav	Berlin
Linke, Dr. F.	Frankfurt a. M.
Lorenzen, C.	Berlin-Neukölln
von Lyncker, Freiherr, Exzellenz General der Infanterie à la suite des Luftschiffer-Bat. Nr. 2	Berlin
Madelung, Georg	Charlottenburg
Marcuse, Professor Dr. Adolf	Charlottenburg
Meißner, Dr.-Ing.	Berlin
Mengelbier, Chemik.-Ing.	Berlin
Meyer, Oberregierungsrat Dr. J.	Wannsee
Meyer, Regierungsbaumeister a. D., Dir. d. Ver. deutsch. Ing.	Berlin
Merten, Exzellenz Vize-Admiral z. D.	Berlin-Wilmersdorf
Miethe, Geh. Regierungsrat Professor Dr. A.	Halensee
Neumann, Major im Luftschiff.-Batl. Nr. 1	Charlottenburg
Nusselt, Dr. W.	Dresden
Oertz, Max, Werftbesitzer	Hamburg
Oppenheimer, Fabrikbesitzer	Frankfurt a. M.
von Parseval, Major z. D. Professor Dr. A.	Charlottenburg
Pietzker, Marinebaumeister	Berlin
Polis, Professor Dr.	Aachen
Poppe, Direktor L.	Dresden
Prandtl, Professor Dr. L.	Göttingen
Pröll, Privatdozent Dr.-Ing. Arthur	Danzig-Langfuhr
Quittner, Dipl.-Ing. Dr. Victor	Berlin
Raabe, Leutnant a. D. M.	Cronberg i. Taunus
Rasch, Oberleutnant	Berlin
Rau, Zivilingenieur Friedrich	Berlin

Reichardt, Dipl.-Ing.	Dessau
Reismer, Professor Dr.-Ing.	Berlin
Reitz, Marine-Ober-Baurat	Berlin
Rieß von Scheurnschloß, Generalleutnant z. D.	Charlottenburg
Romberg, Professor F.	Nikolassee-Berlin
von Rottenburg, Gerichtsassessor	Frankfurt a. M.
Rumpler, Direktor E.	Lichtenberg-Berlin
Seppeler, Dipl.-Ing.	Adlershof
Sierstorpff, Graf A.	Eltville a. Rhein
von Soden, Freiherr, Dipl.-Ing.	Friedrichshafen
Süring, Professor Dr. R.	Potsdam
Szamatolski, Hofrat D.	Frankfurt a. M.
Schlink, Hochschulprofessor Dr.	Braunschweig
Schmidt, Professor Dr. Carl	Essen
Schmidt, Professor	Halle a. S.
Schnetzler, Eberhard	Frankfurt a. M. Süd
Schwarzschild, Professor R.	Sternwarte Potsdam
Tepelmann, Dr.-Ing.	Braunschweig
Thelen, Dipl.-Ing. Robert	Berlin
Tischbein, Direktor	Hannover
Tull, Geheimer Oberregierungsrat Dr.	Berlin-Lichterfelde
von Tschudi, Major	Berlin W
Ursinus, Zivilingenieur Oskar	Frankfurt a. M.
Schaffran, Dipl.-Ing. A., Vorsteher der Schiffbauabt. d. Kgl. Versuchsanstalt f. Wasserbau und Schiffbau	Berlin
Vollbrandt, Adolf, Kaufmann	Hamburg
Vorreiter, Ingenieur	Berlin
Wachsmuth, Professor Dr. R.	Frankfurt a. M.
Wassermann, Dipl.-Ing. B., Patentanwalt	Berlin
Weber, M., Professor der Mechanik,	Hannover
Weidenhagen, R., Leiter der öffentl. Wetterdienststelle	Magdeburg
Westphal, Ingenieur Paul	Berlin-Schöneberg
Wiener, Direktor Otto	Charlottenburg
Wieselsberger, Dr. C., Assistent	Göttingen
Wolff, Direktor E.	Berlin
Wurmbach, J., Privatier	Berlin
Zimmermann, Wirkl. Geh. Oberbaurat Dr. H.	Berlin
Zopke, Professor H.	Hamburg

Geschäftssitzung

am Donnerstag, den 5. Juni, in der Aula der Königlich Technischen Hochschule Charlottenburg.

Die Versammlung wird um 9 Uhr durch den Vorsitzenden Herrn Geheimen Regierungsrat Dr. von Böttinger eröffnet, der in seinen einleitenden Worten zunächst mitteilte, daß der Hohe Protektor, Seine Königliche Hoheit Prinz Heinrich von Preußen, infolge der soeben stattgehabten Feier seiner silbernen Hochzeit, ferner wegen der Hochzeit der Prinzessin Viktoria Luise und endlich wegen der bevorstehenden Jubiläumsfeierlichkeiten leider verhindert sei, den diesjährigen Verhandlungen zu präsidieren.

Der Vorsitzende überbringt herzliche Begrüßungsworte des Prinzen Heinrich, in denen der Hoffnung Ausdruck gegeben ist, an den künftigen Versammlungen unserer Gesellschaft teilzunehmen. Hierauf bringt der Vorsitzende folgendes Telegramm zur Verlesung, das der geschäftsführende Vorstand zur Silberhochzeit dem Prinzen Heinrich von Preußen übersandt hat:

Seiner Königlichen Hoheit dem Prinzen Heinrich von Preußen,
Berlin.

Euere Königliche Hoheit als unseren hohen Protektor und Euerer Königlichen Hoheit hohe Gemahlin bitten wir, gelegentlich der Feier Euerer Königlichen Hoheiten silbernen Hochzeit die ehrfurchtvollsten Glück- und Segenswünsche zum Ausdruck bringen zu dürfen.

Möge des Höchsten Segen allzeit auf Eueren Königlichen Hoheiten ruhen, daß das so gesegnete gemeinsame Wirken Euerer Königlichen Hoheiten und die so tatkräftige Förderung alles Edlen und Schönen noch lange Jahrzehnte unserem Vaterlande erhalten bleibe und Euere Königlichen Hoheiten selbst die innerste Befriedigung über Euerer Königlichen Hoheiten edel vollbrachten Gemeinleben immerdar empfinden.

In tiefster Ehrerbietung Euerer Königlichen Hoheiten allzeit getreue

Wissenschaftliche Gesellschaft für Flugtechnik.
von Böttinger. von Parseval. Prandtl.

Auf dieses Telegramm ist ein Dankschreiben Sr. Exzellenz des Freiherrn von Seckendorff im Auftrage Seiner Königlichen Hoheit eingegangen:

Hofmarschall-Amt
Seiner Königlichen Hoheit
des Prinzen Heinrich
von Preußen.

Kiel, den 27 Mai 1913.

Ihre Königlichen Hoheiten Prinz und Prinzessin Heinrich von Preußen lassen der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik für die zur silbernen Hochzeit dargebrachten so freundlichen Glückwünsche herzlichst danken.

Im höchsten Auftrage:
gez. Freiherr von Seckendorff.

Der Vorsitzende gibt dann den Seite 18 veröffentlichten Depeschenwechsel bekannt und fährt hierauf in seiner Eröffnungsrede fort:

Kurz vor der Silberhochzeit Seiner Königlichen Hoheit ist von verschiedenen verehrlichen Mitgliedern unserer Gesellschaft die Frage angeregt worden, ob es nicht angebracht sei, daß auch die Wissenschaftliche Gesellschaft für Flugtechnik ein kleines Erinnerungszeichen dem hohen Paare als Zeichen der Anerkennung und Dankbarkeit für das durch Seine Königliche Hoheit der Gesellschaft bewiesene Interesse überreiche. Wir haben beschlossen, von dem bekannten Goldarbeiter Gabriel Hermeling in Köln ein kleines Kunstwerk anfertigen zu lassen, welches heute früh hier eintreffen sollte. Bis zur Stunde ist dies leider noch nicht der Fall, ich hoffe aber, daß die Herren beim heutigen Festmahl dasselbe besichtigen können. Ich entnehme Ihrem Beifall, daß Sie dem Geschäftsführenden Vorstand die Zustimmung erteilen zu den Schritten, die er gelegentlich der Silberhochzeit Seiner Königlichen Hoheit getan hat, und danke Ihnen dafür! —

Ehe wir in die Tagesordnung eintreten, habe ich die sehr angenehme Pflicht, unsere hochverehrten Ehrengäste zu begrüßen, insbesondere die Vertreter der hohen Behörden, und den Herren den Dank nicht nur für ihr persönliches Erscheinen auszusprechen, sondern Sie gleichzeitig zu bitten, diesen Dank den Herren Ministern ebenfalls zum Ausdruck zu bringen, denn für uns ist es außerordentlich wertvoll und gleichzeitig auch außerordentlich ehrend, daß wir als ein so junger Verein bereits die Anerkennung der hohen Staatsbehörden gefunden haben, indem fast alle Ministerien und Reichsämter Mitglieder zu unseren Verhandlungen delegiert haben. Ich begrüße als Vertreter des Reichsamts des Innern Herrn Geheimrat Albert, als Vertreter des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten die Herren Geheimräte Tull und Zimmermann, als Vertreter des Kriegsministeriums den Herrn Oberstleutnant Groß, für das Kultusministerium Seine Exzellenz Ministerialdirektor Naumann, für den Großen Generalstab Herrn Major Thomsen, für das Justizministerium Herrn Geheimrat Korte. Die Inspektion des Militär-Luft- und Kraftfahrwesens hat die Herren Hauptmann Grützner und Oberleutnant Förster entsandt; die Fliegertruppe ist ebenfalls durch mehrere Herren vertreten. Die Nationalflugspende ist vertreten durch Herrn Assessor

Dr. Trautmann und die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt durch Exzellenz Rieß von Scheurnschloß. Nochmals verbindlichsten Dank den Herren Vertretern und ihren verehrten Chefs! —

Einen besonderen Dank haben wir aber auch auszusprechen unserem hochverehrten Mitglied Herrn Geheimrat Professor Dr. Miethe. Herr Geheimrat Miethe hat in Gemeinschaft mit Herrn Fabrikbesitzer Krause die immerhin schwierige und manchmal langweilige Arbeit der Vorbereitung der Tagung durchgeführt. Der Berliner Verein für Luftschiffahrt, der uns auch in der gastlichsten Weise hier aufgenommen hat, will uns heute und morgen in diesen Räumen bewirten, wofür wir ihm verbindlichst danken. Gleichzeitig hat der Vorstand beschlossen, zu der zu Ehren unserer Gesellschaft veranstalteten Nationalen Wettfahrt des Berliner Vereins für Luftschiffahrt seitens unserer Wissenschaftlichen Gesellschaft einen Ehrenpreis zu stiften. Es ist dies ein Goerz-Apparat, der hier zur Besichtigung ausliegt. Ich hoffe, daß der Preis den Gewinnern Freude machen wird.

Dem Kaiserlichen Aero-Club gebührt ein ähnlicher Dank, den ich hiermit ebenfalls zum Ausdruck bringen möchte, für die uns bevorstehende gastliche Aufnahme in Johannisthal. Besonders aber danke ich dem Herrn Rektor der Technischen Hochschule Herrn Geheimrat Dr. Josse für die gastliche Aufnahme, die wir in diesen Räumen hier gefunden haben, in diesen Räumen, die, ich möchte sagen, erdröhnen von der Fülle des geistigen Wissens, welches hier schon zum Ausdruck gekommen ist, was sicher ein gutes Omen für unsere Tagung sein muß.

Herrn Geheimrat Aßmann darf ich auch verbindlichsten Dank namens des Vorstandes und der ganzen Gesellschaft für die Gastfreundschaft aussprechen, die uns am Sonnabend in Lindenberg erwartet, und Herrn Direktor Wolff von der Neuen Automobil-Gesellschaft sind wir für die Bereitstellung einer Reihe von Automobilen zur Beförderung der Gäste in Johannisthal sehr verpflichtet. Speziellen Dank möchte ich noch ausdrücken den großen Firmen, die uns ihre Werke zur Besichtigung zur Verfügung gestellt haben. Als Industrieller weiß ich dieses Opfer, das mit dem Besuch großer Gesellschaften verknüpft ist, wohl zu schätzen. Die Besichtigung industrieller Betriebe ist sehr angenehm für die Besucher, weniger angenehm für die Firmen selbst, weil teilweise Betriebsstörungen durch Ablenkung der Arbeiter von ihrer Arbeit eintreten; wir erkennen es daher umsomehr an, daß uns die Besichtigung der Werke freigestellt ist.

Damit wäre der Punkt 1 unserer Tagesordnung erschöpft, und ich darf den Vorsitzenden des Berliner Vereins für Luftschiffahrt, Herrn Geheimrat Miethe, das Wort erteilen.

Nach lebhaften Beifallsbezeugungen der Versammlung führte Herr Geheimrat Dr. Miethe aus:

Meine hochverehrten Herren! Der Herr Vorsitzende hat in überaus liebenswürdiger Weise in zu viel Lobworten der geringen Verdienste des Berliner Vereins für Luftschiffahrt an der heutigen Tagung gedacht. Es war

selbstverständlich, daß wir, als wir erfuhren, daß Ihre Gesellschaft hier in Berlin ihre Tagung abhalten wird, uns bemüht haben, ein Scherflein zum Gelingen dieser Veranstaltung beizutragen. Wir haben das gewagt als ältester Verein Berlins auf luftschifferischem Gebiet und als älteste Organisation luftschifferischer Art in Deutschen Reich, aus dem der Deutsche Luftfahrerverband seinerzeit hervorgegangen ist.

Meine verehrten Herren! Wenn wir eine Bitte aussprechen dürfen, so ist es die, an der Veranstaltung unserer Nationalen Wettfahrt für Freiballone am Sonnabend teilzunehmen. Ich weiß zwar nicht, wie weit Sie noch Interesse für dieses unvollkommene Beförderungsmittel in der Luft haben. Aber vielleicht gibt ein Teil der Herren uns die Ehre ihres Besuches mit Rücksicht darauf, daß die Freiballonfahrten doch bisher immer noch die einzige Möglichkeit sportlicher Betätigung auf luftschifferischem Gebiet darstellen, das noch nicht entbehrt werden kann.

Nach einigen Dankesworten des Vorsitzenden wird zu Punkt III der Geschäftsordnung übergegangen, und zwar widmet der Vorsitzende den im Geschäftsjahr verstorbenen ordentlichen Mitgliedern, Sr. Exzellenz dem Staatssekretär des Reichsmarineamts a. D. Admiral Dr. von Hollmann und dem Gewerberat Dr. von Schwartz einen Nachruf, in dem er auf das große Interesse der beiden für unsere Gesellschaft hinweist und besonders hervorhebt, daß Exzellenz von Hollmann nur seines hohen Alters wegen nicht in den Vorstand unserer Gesellschaft eintreten wollte, im übrigen aber die Bestrebungen derselben von Anfang an auf das energischste unterstützt hat. Zum Andenken der Heimgegangenen erhebt sich die Versammlung von den Sitzen.

Der Vorsitzende berichtet dann, daß in der letzten Sitzung des Gesamtvorstandes am 16. März Herr Geheimrat Dr.-Ing. Barkhausen aus Hannover in den Vorstand kooptiert wäre und durch Annahme der Wahl seine wertvolle Kraft der Gesellschaft zur Verfügung gestellt hätte. Ferner hätte Herr Geheimrat Erythropel sich bereit erklärt, ehrenamtlich als Syndikus unserer Gesellschaft zu fungieren.

Hierauf erwähnt Herr Geheimrat Dr. von Böttinger das mit dem Kuratorium der National-Flugspende getroffene Abkommen, nach welchem die Gesellschaft auf 5 Jahre die Beurteilung der für das Gebiet Luftfahrt einlaufenden Erfindungsgesuche bei dieser wie auch bei den Reichs- und Landesbehörden übernimmt und hierfür eine einmalige Zuwendung von 50 000 M. aus den Mitteln der National-Flugspende erhält. Der Vorsitzende betont die außerordentliche Wichtigkeit dieser Frage, ist es durch sie unserer Gesellschaft doch ermöglicht, in erheblichem Maße die Arbeiten der Behörden zu unterstützen. Der Geschäftsgang ist schon Seite 14 erwähnt.

Herr Geheimrat Dr. von Böttinger verhehlt sich durchaus nicht, daß durch diese Tätigkeit unserer Gesellschaft nicht nur eine außerordentliche Arbeitslast aufgebürdet wird, sondern daß auch ganz erhebliche Kosten aus ihr erwachsen, und gibt zum Schluß der Bitte Ausdruck, daß aus irgend welchen Fonds später weitere Mittel zur Verfügung gestellt werden, wenn diese im Interesse der Allgemeinheit aufgebraucht worden sind. Er benutzt ferner die Gelegen-

heit, dem Kuratorium der National-Flugspende, insbesondere Herrn Geheimen Oberregierungsrat Albert aus dem Reichsamt des Innern, für das hierdurch der Gesellschaft zum Ausdruck gebrachte Vertrauen warm zu danken.

Es wird dann auf das öffentliche Preisausschreiben zur Beschaffung eines besonderen Registrierinstrumentes, des Flugzeug-Beschleunigungsmessers, hingewiesen, welches Preisausschreiben im Entwurf durch den Referenten, Herrn Professor Reißner, weiter unten vorgelegt wird.

Hierauf wird kurz auf den vorgelegten Kostenvoranschlag eingegangen und betont, daß Herr Assessor Sticker in Abwesenheit des zweiten Kassenprüfers, Herrn Bankier Meckel, allein diese Prüfung übernommen und die Abrechnung schriftlich als richtig anerkannt hat, worauf von seiten der Versammlung dem Schatzmeister Entlastung erteilt wird.

Gleichzeitig werden auf Vorschlag von Herrn Geheimrat Dr. von Böttinger die Herren Assessor Sticke rund Bankier Meckel auch für das nächste Jahr zu Kassenrevisoren gewählt. Beide Herren haben inzwischen die Wahl angenommen.

In der vom Vorsitzenden mitgeteilten Tatsache, daß die Mitgliederzahl der Gesellschaft von 170 im ersten Jahr auf 400 in diesem Jahr angewachsen ist, und daß sich hierunter vier lebenslängliche Mitglieder befinden, wird von seiten der Versammlung der Beweis erblickt, daß die Arbeiten, die von unserer Gesellschaft zu erfüllen sind und erwartet werden, als notwendig und dem allgemeinen Interesse dienend anerkannt werden.

Zum Schluß kann Dr. von Böttinger noch mitteilen, daß die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft beschlossen hat, in Göttingen ein Kaiser-Wilhelms-Institut für Aerodynamik und Hydrodynamik zu errichten, was von der Versammlung mit großem Beifall aufgenommen wird.

Hierauf wird von Herrn Professor von Parseval der Bericht des **Wissenschaftlich-Technischen Ausschusses** erstattet. Über die Sitzungstätigkeit ist Seite 14 berichtet, so daß hier nur nachzutragen ist, daß auf Antrag des W. T. A. vom Vorstand beschlossen ist, die 3000 M. für das öffentliche Preisausschreiben eines Beschleunigungsmessers folgendermaßen zu verwenden:

1000 M. werden zur Deckung der Unkosten zurückgestellt, so daß 1500 M. für den I. Preis und 500 M. für den II. Preis verbleiben.

Professor Dr. von Parseval berichtet dann gleichzeitig zu Punkt c als Obmann des Unterausschusses zur Beurteilung von Erfindungen und teilt mit, daß bisher etwa 300 Erfindungen zur Prüfung eingeliefert sind, von denen bereits etwa 100 in einer Anzahl von Sitzungen erledigt wurden, und zwar, wie zum großen Bedauern des Referenten festgestellt werden muß, in abschlägigem Sinne. Es wird dann der Geschäftsgang kurz charakterisiert und hervorgehoben, daß außer den völlig erledigten Erfindungen noch eine Reihe bei Spezialgutachtern zirkulieren.

Der Vorsitzende des Unterausschusses b für Literatur, Herr Marinebaumeister Pietzker†, berichtet zunächst das Seite 15 schon Niedergelegte und benutzt die Gelegenheit, an die Versammlung die Bitte zu richten, daß jeder, der irgendwie durch seine amtliche Tätigkeit oder sonstwie in der Lage ist, an der

Literaturausgabe in irgend einer Weise mitzuarbeiten, zunächst seine Kraft hierzu zur Verfügung stellt, welcher Aufforderung erfreulicherweise eine ganze Reihe Teilnehmer Folge leisten.

Für den Ausschuß c für Aerodynamik berichtet Professor Dr. Prandtl, daß zunächst von Sitzungen in diesem Ausschuß abgesehen worden wäre, weil verschiedene Herren des Unterausschusses gleichzeitig Mitglieder von anderen Kommissionen sind, die sehr viel dringlichere Arbeiten zu erledigen hätten. Trotzdem hat der Ausschuß eine recht gute Tätigkeit insofern entfaltet, als er begonnen hat, zusammenzustellen, was in Deutschland an Versuchseinrichtungen vorliegt und was im Bau oder projektiert ist. Es ist beabsichtigt, daß diese Zusammenstellung erweitert und in einem Anhang dem neuen Jahrbuch beigegeben wird, da es doch interessant ist, zu sehen, was an den verschiedenen Stellen alles geschieht. — „Ich möchte nur ganz kurz sagen, daß 4 Versuchskanäle mit künstlichem Wind seit einiger Zeit aufgestellt sind; in Göttingen und Aachen werden sie demnächst in Betrieb genommen, in Danzig und Adlershof sind solche projektiert. Es finden ferner Prüfungen statt mit Propeller-Versuchsbahnen, von denen, soviel ich erfahren habe, drei existieren. Zunächst ist im Betrieb die Versuchsbahn bei Göttingen. Eine weitere ist projektiert vom Verein für Luftschiffahrt in Stuttgart, und außerdem sind in verschiedenen Orten größere Einrichtungen für Versuchsbahnen mit Propellern geschaffen worden. Ich erwähne nur eine in Dresden und eine in Adlershof. Sie sehen, daß überall etwas getan wird. Für Aerodynamik kommen ferner in Betracht die Geradlaufapparate, mit denen Luftwiderstandsmessungen gemacht werden. Da ist eine sehr große vorhanden, die des Herrn Professor von Parseval in Charlottenburg, und eine kleinere beim Luftschifferbataillon, ebenso in Kiel beim Verein für Motorluftfahrt in der Nordmark. Außerdem existieren noch einige Rundlaufapparate. Dann werden auch Schlagflügelversuche, Drachenversuche, Kühlversuche für Kühler gemacht. Es ist also eine reiche Tätigkeit, von der wir im nächsten Jahre Erfolge erwarten dürfen.“

Professor Romberg berichtet für den Unterausschuß für Motoren in Vertretung des leider erkrankten und dadurch am Erscheinen verhinderten Obmanns, Herrn Professor Wagener †: Es haben Vorberatungen darüber stattgefunden, ob es möglich und zweckmäßig sei, schon jetzt Normen zu schaffen für die Untersuchung von Luftfahrtmotoren. Solche Untersuchungen gibt es auf verschiedenen anderen Gebieten; sie sollen einmal den Lieferanten schützen vor unberechtigten und unmäßigen Forderungen des Abnehmers und andererseits dem letzteren die Gewähr bieten, daß er einen, dem jeweiligen Stand der Technik entsprechenden guten und brauchbaren Apparat erhält. Die Schwierigkeiten, solche Normen zu schaffen, sind für Flugmotoren wesentlich größer als für Motoren, die anderen Zwecken zu dienen haben. Der Grund hierfür liegt in den gänzlich andersartigen Betriebsverhältnissen, die natürlich auch auf die Art der Durchführung der Prüfungen eine wesentliche Rückwirkung haben müssen. Die Vorfrage, ob es überhaupt angezeigt sei, schon jetzt Normen für Flugmotoren in Angriff zu nehmen, ist im weiteren Verlaufe aus der Erwägung heraus bejaht worden, daß es bei richtiger Beschränkung auf das heute Erreichbare wohl möglich ist, zu einem befriedigenden Ergebnis zu kommen. Man war sich namentlich darüber einig, daß man mit den

sogenannten Abnahmeprüfungen, womit man im wesentlichen Prüfungen für alle möglichen gewerblichen Zwecke bezeichnet wissen will, keine wissenschaftlichen Untersuchungen verbinden dürfe. Dementsprechend sind alle Prüfungen in zwei Teile geteilt, in einen ersten Teil, der sich beschäftigen soll mit den Bedingungen für die Abnahmeprüfung, und in einen zweiten, späterhin durchzuführenden Teil, der sich mit wissenschaftlichen Untersuchungen befaßt.

Für den Ausschuß für konstruktive Fragen berichtet der Obmann Professor Dr. Reißner und kommt nach einigen einleitenden Worten auf das Preisausschreiben zu sprechen, dessen einzelne Punkte er eingehend begründet. Das Preisausschreiben wird darauf mit folgendem Wortlaut angenommen:

Preisausschreiben für einen Wettbewerb um einen aufzeichnenden Beschleunigungsmesser für Flugzeuge.

I. Allgemeine Bestimmungen.

Die Tragdecken eines Flugzeuges erhalten durch Böen und schnelles Überlenken vom Gleitflug zum wagerechten Flug und das Fahrgestell bei der Landung Festigkeitsbeanspruchungen durch Kräfte, über deren Größe sichere Angaben fehlen.

Ein Mittel zur Beurteilung dieser Kräfte besteht in der Beobachtung der Beschleunigungen, die sie hervorbringen.

Da auf die trägen Massen des Beschleunigungsmessers immer auch die Erdschwere einwirkt, wird er nur die aus der Beschleunigung und der Erdschwere resultierende Wirkung anzeigen können, dieselbe Größe, die die Insassen des Flugzeuges als „scheinbare Schwere“ empfinden (vgl. die Erläuterungen am Schluß).

Die gefährlichen Beanspruchungen, welche ein Flugzeug im Fluge oder bei der Landung erhält, sind im wesentlichen abhängig von den zur Tragfläche winkelrechten Kräften, während diejenigen parallel den Tragflächen gegen diese zurücktreten.

Es wird also die Aufgabe gestellt, ein Instrument zu schaffen, das die Schwankungen und Größtwerte der scheinbaren Schwerekomponente winkelrecht zu den Tragflächen aufzeichnet, und das somit imstande ist, über Größe und Häufigkeit derselben Erfahrungen zu sammeln.

Für die beste Lösung dieser Aufgabe wird ein erster Preis von 1500 M., ein zweiter Preis von 500 M. ausgesetzt.

Das Preisgericht behält sich jedoch das Recht vor, die Gesamtsumme von 2000 M. auch anders zu verteilen.

II. Konstruktionsbestimmungen.

Das Instrument soll in der Lage sein, jedenfalls Beschleunigungen winkelrecht zu den Tragflächen nach oben von mindestens achtfachem Betrage, nach unten bis zum einfachen Betrage der Erdbeschleunigung aufzuzeichnen. Die Wiedergabe der wagerechten Geschwindigkeitsänderungen bis zur Größe der Erdbeschleunigung, sowohl nach der Fahrtrichtung, als entgegengesetzt dazu, wird nicht gefordert, erhöht aber ceteris paribus die Bewertung des Instrumentes.

Da es sich häufig um sehr rasch wechselnde stoßartige Beanspruchungen handelt, ist eine sehr kurze, schwingungsfreie Einstellzeit des Instrumentes erwünscht; jedoch sollen die vom Motor herrührenden Erschütterungen die Aufzeichnungen möglichst wenig trüben.

Es wird freigestellt, die Aufzeichnung des Instrumentes in Abhängigkeit der Zeit oder des Weges erfolgen zu lassen. Es ist nicht unbedingt erforderlich, aber erwünscht, daß diese Abhängigkeit genau feststellbar ist.

Die Genauigkeit der Messungen gilt dann schon als ausreichend, wenn die jeweiligen Maxima der Beschleunigungen aus den Versuchskurven derart abzulesen sind, daß sie mit Sicherheit als Grundlagen für Erfahrungswerte gelten können.

Die Benutzungsdauer des Instrumentes soll so groß sein, als sich irgend mit der wünschenswerten Handlichkeit und Leichtigkeit verträgt. Als erstrebenswert ist eine Benutzungsdauer von 2 Stunden anzusehen.

Der Raumbedarf und das Gewicht des Instrumentes sind nach Möglichkeit einzuschränken, damit die Mitnahme auf einem Flugzeug nicht hinderlich wird.

Das Instrument hat Befestigungsstellen zu tragen, welche eine schnelle und feste Unterbringung im Flugzeug gewährleisten, und soll derart eingerichtet sein, daß es plombiert und ein Eingriff von außen verhindert werden kann.

III. Ablieferungsbestimmungen.

Die Zulassung zum Wettbewerb wird am 1. Juli 1914 geschlossen. Bis zu diesem Tage müssen Instrumente, die am Wettbewerb teilnehmen sollen, plombiert und eingeschrieben bei der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, E. V., Adlershof, eingegangen sein. Spätere Einlieferung ist unzulässig. Es dürfen mehrere Instrumente gleicher Bauart eingeliefert werden.

Bei der Einsendung sind beizufügen:

1. Name und Wohnungsangabe des Einsenders,
2. eine Bedienungsvorschrift mit schematischen Schnittzeichnungen,
3. das für den Wettbewerb nötige Aufzeichnungsmaterial, welches auf 4 Stunden zu bemessen ist, das aber, falls es nicht ausreicht, auf Wunsch der Prüfstelle in erforderlichen Mengen nachgeliefert werden muß,
4. eine Prüfungsgebühr von 100 M., welche nach Abzug der Unkosten im Verhältnis der Zahl der eingelieferten Apparate rückvergütet wird.

IV. Prüfungsbestimmungen.

Die Prüfung des Instrumentes erstreckt sich zuerst auf eine Vorprüfung im Laboratorium, bei welcher bei künstlich erzeugten Beschleunigungen die Eichkurven des Instrumentes und seine allgemeinen Eigenschaften festgestellt werden.

Die Vorprüfung der eingelieferten Instrumente wird von dem Preisgericht übernommen, welches insbesondere die Prüfungsstelle zu bestimmen hat.

Die Vorprüfung erstreckt sich auf Ermittelung:

1. der Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Messungen,
2. der Einspielzeit,
3. der Benutzungsdauer,

4. des Meßbereiches,
5. des Gewichtes und Platzbedarfes.

Das Preisgericht entscheidet nach dem Ausfall dieser Vorprüfung, welche Instrumente zur Hauptprüfung zugelassen werden sollen.

Die Hauptprüfung besteht in einer Erprobung der Instrumente auf Flugzeugen.

Eine Nachprüfung der Instrumente findet bei der Prüfstelle der Vorprüfung statt, um etwaige Veränderungen des Instrumentes festzustellen.

Alle Öffnungen des Instrumentes dürfen nur mit Genehmigung des Bewerbers und im Beisein eines Mitgliedes des Preisgerichts oder der Prüfungsanstalt stattfinden. Die Plombierung ist jedesmal von neuem vorzunehmen.

Für Beschädigungen irgend welcher Art, welche dem Instrument widerfahren, wird eine Haftung nicht übernommen.

Das Preisgericht ist in seinen Entschlüssen an keine feste Vorschrift gebunden und erteilt denjenigen Instrumenten Preise, welche seiner Ansicht nach am besten den gestellten Forderungen genügen.

Das Preisgericht entscheidet als letzte Instanz. Einsprüche gegen seinen Spruch können nicht erhoben werden.

V. Preisgericht.

Das Preisgericht setzt sich zusammen aus den Herren: Geh. Regierungsrat Professor Dr. R. Aßmann, Lindenberg, Professor A. Baumann, Stuttgart, Professor Dr.-Ing. F. Bendemann, Adlershof, Professor Dr. G. von dem Borne, Breslau, Professor Dr. E. Hartmann, Frankfurt a. M., Professor H. Junkers, Aachen, Direktor O. Krell, Berlin, Major a. D. Professor Dr.-Ing. A. von Parseval, Berlin, Marine-Baumeister Pietzker †, Berlin, als Vertreter des Reichs-Marine-Amts; Professor Dr. L. Prandtl, Göttingen, Professor Dr.-Ing. H. Reißner, Berlin, Dipl.-Ing. Freiherr von Soden-Fraunhofen, Friedrichshafen, Assessor Dr. Trautmann, Berlin, als Vertreter des Kuratoriums der National-Flugspende; Professor Dr. R. Wachsmuth, Frankfurt a. M., Direktor E. Wolff, Berlin, Wirkl. Geh. Ober-Baurat Dr. Zimmermann, Berlin und ein Herr als Vertreter des Kriegsministeriums.

Falls Mitglieder des Preisgerichts wegen eigener Beteiligung an dem Wettbewerb oder aus anderen Gründen aus dem Preisgericht ausscheiden, hat dieses das Recht, sich, wenn nötig, neue Mitglieder zu kooptieren.

Erläuterungen.

Ist M die Masse des Flugzeugs, $G = Mg$ das Gewicht, ferner P die Resultante aller Luftkräfte (beim Flug) bzw. die aller Luftkräfte und Stützdrücke (bei Bodenberührung), so bestimmt die Resultante R aus P und G die Beschleunigung b des Flugzeugschwerpunktes nach Größe und Richtung. Es ist $b = R/M$.

Eine mit dem Flugzeug mitbewegte Masse m, die in der Nähe des Schwerpunkts angebracht ist, macht bei genügend kurzer Einspielzeit diese Beschleunigung im wesentlichen gezwungen mit. Da indes die Erdschwere auf sie ebenso einwirkt wie auf das Flugzeug, erfolgt der der Erdschwere entsprechende Anteil g der Gesamtbeschleunigung b von selbst; demnach haben also die Konstruktionsteile, die die Masse m mit dem Flugzeug verbinden, dieser Masse nur den der Kraft P entsprechenden Anteil der Beschleunigung $b' = P/M$ aufzuzwingen.

Der Beschleunigung b′ entspricht eine von diesen Konstruktionsteilen zu übertragende Zwangskraft $K = mb' = P \cdot \frac{m}{M}$.

Die Beschleunigung b′ (bzw. ihr Negatives) spielt somit für die im Flugzeug befindlichen Körper dieselbe Rolle wie für ruhende Körper die Erdbeschleunigung g, und kann deshalb als „scheinbare Schwere“ bezeichnet werden. (Für den Fall der Ruhe oder der gleichförmig-geradlinigen Bewegung ist wegen des Kräftegleichgewichtes P = — G, daher b′ = — g, d. h. die scheinbare Schwere gleich der wirklichen Schwere.)

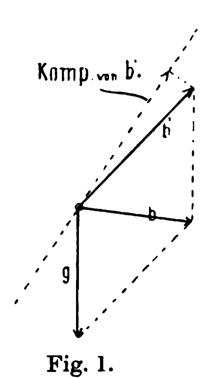


Fig. 1.

Ein Instrument, das die Kraft K aufzeichnet, mißt demnach die für die Festigkeitsbeurteilung wichtige Kraft P.

Wird nur eine Komponente von K aufgezeichnet, so entspricht diese der gleichgerichteten Komponente der resultierenden Luftkraft (bzw. Stützkraft) P.

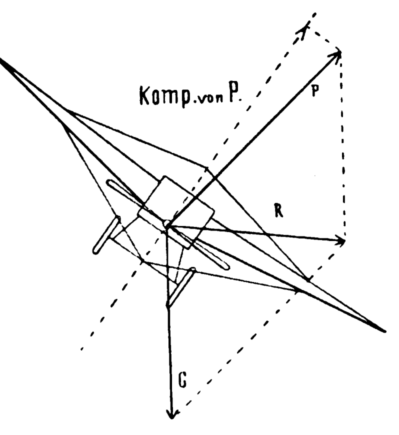


Fig. 2.

Hierauf berichtet Hofrat Professor Dr. Friedländer für den Ausschuß für medizinische Fragen: Weil ein völliges Neuland zu bearbeiten wäre, sei es zunächst Aufgabe gewesen, Hilfskräfte zu suchen, die den Ausschuß bei seinen schwierigen Fragen unterstützen können. Es sei gelungen, zwei sehr wertvolle Mitarbeiter in den Herren Professor Cohnheim und Professor Zuntz zu gewinnen. Professor Friedländer fährt dann fort: „Wir haben in eingehenden Vorberatungen beschlossen, Ihre Genehmigung dafür einzuholen, daß unser Ausschuß einen Fragebogen ausarbeitet, um die Ursachen der leider noch so häufigen Fliegerunfälle, soweit als möglich, festzustellen. Zu diesem Zweck wurde zunächst in der gestrigen Sitzung Herr Stabsarzt Dr. Flemming gebeten, die diesbezüglichen Voruntersuchungen zu machen und dieselben bis zum 1. November dieses Jahres an uns einzusenden.

Wir beabsichtigen weiter, einen Fragebogen auszuarbeiten, der den beteiligten Ärzten eine sichere Grundlage für die Untersuchungen auf Tauglichkeit des Piloten bieten kann.

Zum Schluß möchte ich Ihnen mitteilen, daß wir der Versammlung die Annahme eines Antrages empfehlen, der gestern ausgearbeitet worden ist, und der dahin geht:

„Die II. Ordentliche Mitglieder-Versammlung wird gebeten, den Vorstand unserer Gesellschaft zu beauftragen, daß dieser sich an die geeigneten Stellen wendet, um zu erreichen, daß bei künftigen Veranstaltungen auf dem Gebiete der Luftfahrt mehr als es bisher der Fall war, ärztliche Sachverständige gehört werden, bei der Ausschreibung und Aufstellung der Bedingungen und bei der Durchführung der Flüge.“

Der Antrag wird einstimmig angenommen.

Hierauf nimmt Dr. Linke-Frankfurt a. M. das Wort: „Der Unterausschuß für luftelektrische Fragen“ hat sich in einer Sitzung am 16. März konstitutiert und einen Arbeitsplan aufgestellt. Diesen Plan werde ich die Ehre haben, der Versammlung morgen in Form eines Referats zu unterbreiten. Es ergab sich bald, daß die luftelektrischen Fragen eigentlich etwas zurücktreten und es in erster Linie reibungselektrische Fragen sind, um die es sich handelt. Infolgedessen wird es zweckmäßig sein, den Unterausschuß in Zukunft zu benennen: Unterausschuß für elektrostatische Fragen. (Wird angenommen!)

Es war sodann Aufgabe der ersten Sitzung, alle diejenigen Gesellschaften, Behörden, Gelehrten und Ingenieure in diesem Unterausschuß zusammenzufassen, die sich mit den hier vorliegenden Fragen beschäftigen. Es wurde daraufhin einer Anzahl von Behörden und Gesellschaften die Bitte ausgesprochen, Vertreter in diesen Unterausschuß zu entsenden. Dieser Bitte ist von allen entsprochen worden. Es ist mit Genugtuung festzustellen, daß namentlich die gesamten Interessenten für diese elektrostatischen Fragen der Luftschiffahrt in unserem Unterausschuß vereinigt sind, und daß von nun ab hoffentlich eine gedeihliche Arbeit Platz greifen kann. Es soll morgen im Anschluß an den Vortrag des Herrn Dr. Dieckmann eine weitere Sitzung des Unterausschusses stattfinden.

Für ein Arbeitsgebiet, das man dem Unterausschuß für Luftelektrische Fragen zunächst zugeteilt hat, nämlich die Funkentelegraphie, haben wir beantragt, einen besonderen Unterausschuß zu gründen; dieser Antrag ist gestern angenommen worden und die Mitglieder des neuen Unterausschusses sind bestimmt. Diesem neuen Unterausschuß sind auf Vorschlag des Herrn Dr. Dieckmann folgende Aufgaben zugeteilt worden:

Zuerst rein technische Aufgaben: nämlich die Bordsende- und Empfangsstationen zu verbessern, Zündungsverfahren zu berücksichtigen usw.;

dann eine reine physikalische Frage: nämlich die Bordstationen als Hilfsmittel zur Lösung von Fragen bezüglich der Strahlung elektromagnetischer Wellen zu verwenden;

dann einige praktische Fragen: erstens die Funkentelegraphie zur Orientierung zu benutzen durch Anlage einer Reihe von Funkenstationen über das ganze Reich, eventuell über ganz Europa, aus deren mehr oder weniger starkem Geräusch am Empfänger man sich dann über die Nähe der einzelnen Stationen orientieren könnte. Dann sollen den Luftschiffern auf drahtlosem Wege metereologische Nachrichten fortlaufend zugesandt werden, was übrigens schon jetzt geschieht. Ich kann mitteilen, daß das Luftschiff „Viktoria Luise“, das durch Gewitter hierher gefahren ist, auf drahtlosem Wege über die Gewitterherde fortlaufend unterrichtet werden konnte, so daß es dem Luftschiff gelang, diese Gewitterherde zu vermeiden. Ferner soll die Regelung der drahtlosen Telegraphie durch Reichsgesetz Gegenstand der Betrachtungen dieses Unterausschusses werden.

Es wird dann zu Punkt IIId, zur Ersatzwahl der turnusmäßig ausscheidenden Mitglieder des Gesamtvorstandes geschritten und zunächst vom Vorsitzenden darauf hingewiesen, daß die Herren Kapitän z. S. Lübbert vom Reichsmarineamt und Generalmajor Schmiedecke von

der Inspektion des Militär-Luft- und Kraftfahrwesens durch Versetzung in eine andere Dienststelle aus dem Gesamtvorstand ausscheiden. Es ist daher an die betreffenden Behörden mit der Bitte herangetreten worden, einen anderen Vertreter zu designieren, und zwar ist vom Reichsmarineamt Herr Marinebaumeister Pietzker †, vom Kriegsministerium Herr Oberstleutnant Oschmann vorgeschlagen worden.

Der Vorsitzende empfiehlt fernerhin als Vertreter der Generalinspektion des Militär-Verkehrswesens Exzellenz Generalleutnant von Hänisch in den Vorstand zu wählen, was allseitigen Beifall findet.

Inzwischen wurden die ausscheidenden Mitglieder ausgelost und die Versammlung erklärt sich damit einverstanden, auf Stimmzettelwahl zu verzichten und durch Zuruf zu wählen. Die Auslosung ergab folgendes Resultat. Vom Geschäftsführenden Vorstand wurden ausgelost: Herr Geheimrat Dr. von Böttinger, vom Gesamtvorstand: Geheimer Regierungsrat Albert, Bankier Hagen, Geheimrat Dr. C. von Linde, Ministerialdirektor Naumann, Exzellenz Generalleutnant z. D. von Nieber, Werftbesitzer Max Oertz, Professor Dr.-Ing. Reißner, Geheimer Oberregierungsrat Dr. Tull.

Auf Antrag von Professor Romberg wird die nach § 20 der Satzungen zulässige Wiederwahl von der Versammlung beschlossen. Die anwesenden Herren nehmen die Wiederwahl an, die Nichtanwesenden haben sich nachträglich schriftlich bereit erklärt, auch fernerhin dem Gesamtvorstand anzugehören.

Hierauf wird zum letzten Punkt der Geschäftssitzung, Wahl des Ortes für die O. M. V. 1914 übergegangen. Der Vorsitzende erwähnt, daß Einladungen von Danzig und Dresden vorliegen, daß ferner Professor Ahlborn gebeten hat, die Versammlung in Hamburg abzuhalten. Da aber die Institute für Luftfahrt in Hamburg erst in der Einrichtung begriffen sind und ihre Fertigstellung erst für das Jahr 1915 vorauszusehen ist, ist nachträglich von Professor Ahlborn der weitere Antrag eingelaufen, Hamburg für 1915 als Tagungsort zu wählen. Für das Jahr 1915 liegt aber bereits eine Einladung von Major Dr. von Abercron für Düsseldorf vor, weil hier für dieses Jahr eine Ausstellung für Luftfahrt geplant sei.

Der Vorsitzende gibt den Beschluß des Gesamtvorstandes bekannt, Dresden als Tagungsort für 1914 zu wählen.

Geheimrat Grübler nimmt noch kurz das Wort zu einer kleinen Begründung:

> „Ich bin beauftragt, Sie einzuladen, Ihre nächste Tagung 1914 in Dresden abzuhalten. Ich brauche diese Einladung wohl nicht noch näher zu begründen; Dresden ist als Kongreßort sehr geschätzt. Vor allen Dingen aber möchte ich hervorheben, daß der Kgl. Sächsische Verein für Luftfahrt es sich zur Ehre anrechnen wird, wenn Sie seine Einladung annehmen, Ihnen den Aufenthalt so angenehm und anregend wie möglich zu machen. Ich bitte daher, der Einladung Folge zu leisten",

worauf einstimmig gemäß des Vorstandsvorschlages beschlossen wird.

Bezüglich der Zeit wird vom Vorstand vorgeschlagen, die letzte Woche des April zu wählen, und zwar die Tage 26.—28. April, so daß der 26. für Sitzungen des Vorstandes und der Kommissionen, der 27. und 28. für die eigentliche Hauptversammlung reserviert bleibt.

Da hiermit der geschäftliche Teil erledigt ist, wird die Sitzung um 10½ Uhr geschlossen und der Vorsitzende übergibt Herrn Professor von Parseval den Vorsitz für die jetzt folgenden Fachvorträge.

Inzwischen haben dann die Vorsitzenden mit folgendem Begleitschreiben die erwähnte Ehrengabe an Seine Königliche Hoheit den Prinzen Heinrich von Preußen abgesandt:

Königliche Hoheit! 9. Juni 1913.

Durchlauchtigster Prinz!

Euer Königlichen Hoheit Verhinderung, bei der soeben stattgehabten Tagung unserer Gesellschaft den Ehrenvorsitz zu führen, hat uns leider der Möglichkeit beraubt, die von einer großen Anzahl unserer Mitglieder veranlaßte Ehrenwidmung aus Anlaß des 25 jährigen Ehejubiläums Euer Königlichen Hoheit und Euer Königlichen Hoheit hohen Gemahlin persönlich zu überreichen.

Wir müssen deshalb Eure Königlichen Hoheiten schriftlich bitten, die Euer Königlichen Hoheiten separat zugehende, in der Hofgoldschmiede der Firma Gabriel Hermeling in Köln angefertigte Erinnerung allergnädigst anzunehmen, einerseits als ein Zeichen unserer großen und aufrichtigen Dankbarkeit, die wir Euer Königlichen Hoheit allzeit bewahren, und andererseits der innigen, tiefempfundenen Wünsche, die wir für das weitere Glück und Wohl Euer Königlichen Hoheit und Euer Königlichen Hoheit hohen Gemahlin hegen.

Möge das kleine Kunstwerk Eueren Königlichen Hoheiten nicht nur seiner selbst wegen, sondern auch als ein Beweis unseres unauslöschlichen Dankes, den nicht nur unsere Gesellschaft, sondern auch unser ganzes Vaterland Euer Königlichen Hoheit und Euer Königlichen Hoheit hohen Gemahlin freudigst entgegenbringen für all das so gesegnete und ersprießliche Wirken Euer Königlichen Hoheiten im Interesse und zum Wohle unseres Vaterlandes, einige Freude bereiten.

Mit den innigsten Wünschen, daß Gottes Segen Eure Königliche Hoheiten allzeit begleite, verharren wir

Euer Königlichen Hoheit

dankbar ergebenste

Wissenschaftliche Gesellschaft für Flugtechnik.

Dr. von Böttinger. Dr. von Parseval. Dr. Prandtl.

worauf das nachstehende, an Herrn Geheimrat von Böttinger gerichtete Dankschreiben eintraf:

Kiel, den 19. Juni 1913.

Mein sehr verehrter Herr Geheimrat!

Erhielt ich kurz vor dem Verlassen Kiels das außerordentlich gütige Schreiben der Vorsitzenden der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik, so fand ich gestern nach meinem Eintreffen in Kiel das so überaus hochherzige Geschenk des Vereins, für welches, namens der Frau Prinzessin, sowie meiner selbst zu danken, mir hiermit eine liebe Pflicht ist.

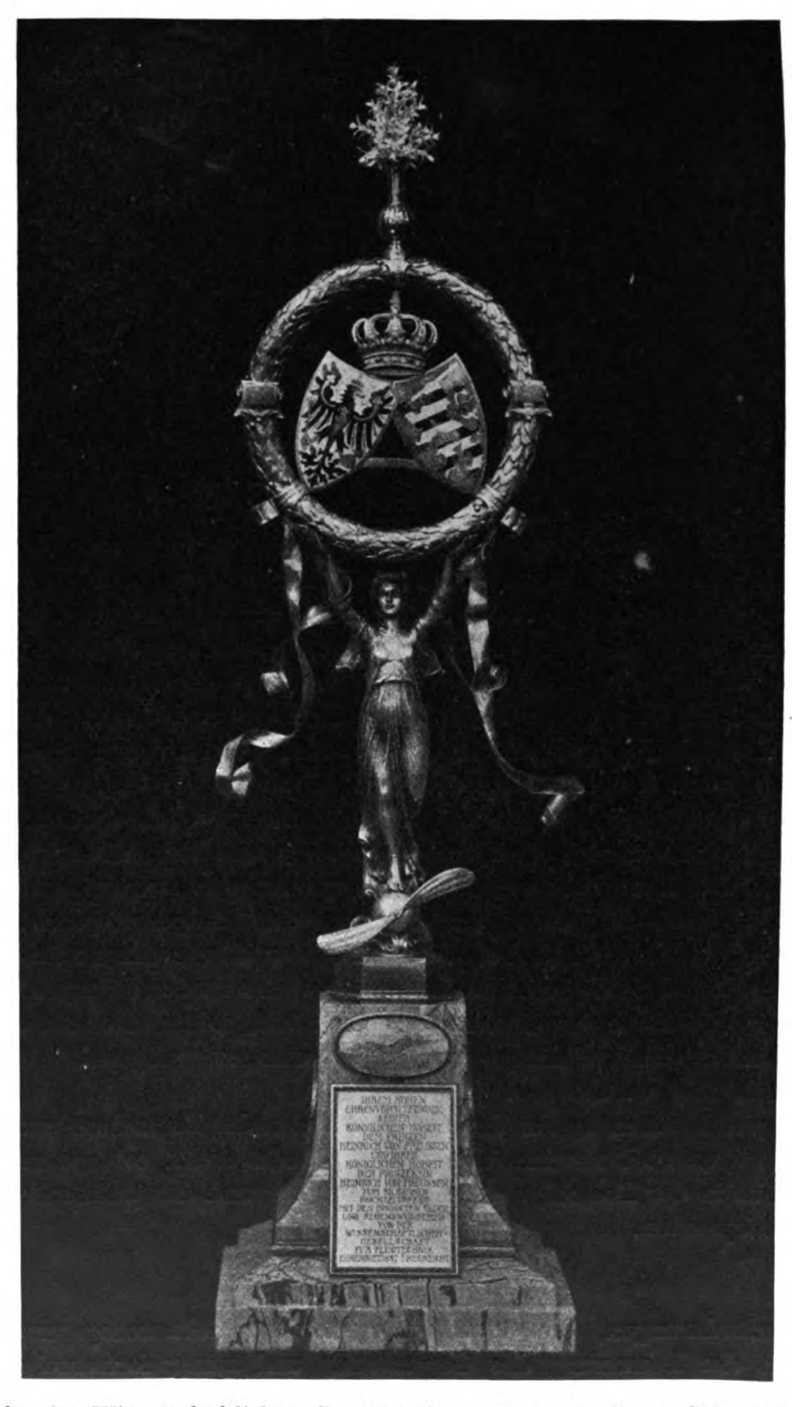
Ich darf Sie bitten, unseren tiefempfundenen Dank der Gesellschaft für ihre sinnige Gabe aussprechen zu wollen, mit der Versicherung, daß wir derselben stets eingedenk sein werden.

Haben wir das Kunstwerk gerne entgegengenommen, so sind wir für die uns von den Vorsitzenden gesandten Begleitworte ganz besonders dankbar.

Mit erneutem Dank und der Versicherung meiner besonderen Zuneigung

Ihr treu und dankbarst ergebener

Heinrich Prinz von Preußen.



Ehrengabe der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik an Seine Königliche Hoheit, Prinz Heinrich von Preußen.

Über Motorsysteme.

Von

Professor **Baumann**-Stuttgart.

Es ist nicht der Zweck der folgenden Betrachtungen, eine Beschreibung und Besprechung der verschiedenen denkbaren, vorgeschlagenen und ausgeführten Motorsysteme zu bringen, speziell soll die kinematische Seite unberührt bleiben. Zahlreiche besonders neuerdings in Frankreich, aber auch bei uns versuchte und in den Betrieb gebrachte Motorkonstruktionen sind dadurch eigenartig, daß die verschiedensten Wege eingeschlagen sind, um die kinematische Aufgabe, die hin- und hergehende Bewegung des Motorkolbens, in eine rotierende Bewegung der Welle überzuführen, zu lösen. Andere Systeme oder besser Konstruktionen sind dadurch ausgezeichnet, daß eine besondere Gruppierung der einzelnen Zylinder untereinander und um die Welle herum gewählt wurde, die je nachdem gewisse Vorteile in der Herstellung oder bezüglich des Konstruktionsgewichts ergibt, wofür aber dann in der Regel Komplikationen und Übelstände an anderen Stellen in den Kauf genommen werden müssen. Von solchen Spezialkonstruktionen soll also an dieser Stelle nicht die Rede sein.

Es sollen vielmehr Vorteile und Nachteile besprochen werden, die Motorsysteme für Flugmotoren besitzen, soweit diese Systeme durch die Art der Kühlung und die Art der Durchführung des Arbeitsprozesses charakterisiert sind.

Man muß notwendig dabei ausgehen von den Anforderungen, die an einen Flugmotor zu stellen sind, und die Bewertung der einzelnen Systeme hat danach zu erfolgen, wieweit sie diesen Anforderungen gerecht werden können. Eine solche Betrachtung wäre aber unvollkommen, wenn nicht, sofern eine solche vorhanden scheint, die weitere Entwickelungs- und Vervollkommnungsmöglichkeit der einzelnen Systeme behandelt würde.

Damit verläßt man freilich den sicheren Boden der Tatsachen, und Meinungsverschiedenheiten sind unvermeidlich. Das schadet nicht, solange man sich bewußt ist, daß in der Technik stets die Ausführung und der praktische Erfolg das letzte Wort sprechen.

Anforderungen.

Die Anforderungen, die man an irgendeinen Gebrauchsgegenstand stellt, pflegen mit der Benutzung des Gegenstands und seiner fortschreitenden Entwickelung ständig zu wachsen. Das gilt vom Flugzeug und gilt ebenso vom Flugzeugmotor.

Begnügte man sich zu Anfang mit einem geringen Eigengewicht, wenn der Motor nur $1/4$ Stunde lang seine Leistung hielt, so ist heute die dauernde Betriebs-

sicherheit und Innehaltung der Leistung über Stunden eine ebenso selbstverständliche Forderung wie die eines geringen Eigengewichts, ja man stellt mit unzweifelhaftem Recht die Betriebssicherheit dem geringen Gewicht voran.

Mit diesen beiden unerläßlichen Voraussetzungen sind aber die Anforderungen, die schon heute an einen Flugmotor gestellt werden, und zu denen in absehbarer Zeit sicher noch weitere hinzukommen werden, noch keineswegs erschöpft.

Die heutigen und zum Teil die kommenden Anforderungen lassen sich etwa in folgende Stichworte zusammenfassen:

1. Betriebssicherheit bei Innehaltung der Leistung (auch bez. Temperaturänderungen, Luftdruckänderungen, Lagenänderungen.
2. Geringes Eigengewicht bei großer Leistung und verhältnismäßig niederer Schraubendrehzahl.
3. Ruhiger Gang bei normaler und verminderter Leistung.
4. Geringer Betriebsstoffverbrauch.
5. Gleichförmiger Gang.
6. Unempfindlichkeit, Lebensdauer.
7. Geringer Luftwiderstand und Raumbedarf.
8. Übersichtlichkeit, leichte Zugänglichkeit, Einfachheit.
9. Reinlichkeit und Geräuschlosigkeit.

Die Reihenfolge, in der die einzelnen Anforderungen aufgeführt sind, entspricht der mutmaßlichen Wichtigkeit, die ihnen heute beigelegt werden dürfte.

Diese Reihenfolge eignet sich aber schlecht für die Besprechung insofern, als die unter 1, 2 und 4 genannten Forderungen die ausführlichste Besprechung erfordern, also besser zuletzt behandelt werden. Es wird deshalb im folgenden von der vorstehenden Reihenfolge abgewichen werden.

Sehr schwer wird eine einwandfreie Bewertung der einzelnen Forderungen im Verhältnis zueinander möglich sein. Das wird in erster Linie von Nummer 2 und 4 gelten. Auch die Frage, bis zu welcher Grenze eine gesteigerte Betriebssicherheit durch eine Vermehrung von Eigengewicht und Brennstoffgewicht erkauft werden darf, wird nicht eindeutig beantwortet werden können.

Da eine zahlenmäßige Festlegung unmöglich erscheint, wird auch bei jeder Abschätzung der Vorteile und Nachteile der einzelnen Systeme ein Rest subjektiver Anschauung übrig bleiben müssen.

Unempfindlichkeit, Lebensdauer, Reinlichkeit, Geräuschlosigkeit.

Die Erfüllung dieser Forderungen ist heute noch nicht ausschlaggebend, z. T. ist sie nicht vom Motorsystem im Sinne dieser Betrachtungen abhängig. Es wäre für heute nur zu sagen, daß in bezug auf diese Forderungen die wassergekühlten Motoren den luftgekühlten, die stationären den rotierenden gegenüber im Vorteil sind. Der luftgekühlte Motor ist empfindlicher und bedarf einer sorgfältigeren Wartung, seine Lebensdauer dürfte, besonders gilt das für den rotierenden Motor, geringer sein, — wenn auch die früher behauptete außerordentlich geringe Lebensdauer des rotierenden Motors praktisch nicht besteht. Der Glaube an diese geringe Lebensdauer dürfte durch eine vielleicht allzugroße Vorsicht der Gnômemotoren-

gesellschaft hervorgerufen sein, dadurch, daß sie anfänglich nur für 100 Betriebsstunden garantierte.

Was die Reinlichkeit betrifft, so ist sie jedenfalls bei einem Motor mit geringem Schmiermittelverbrauch größer als bei einem Motor, der eine intensive Schmierung nötig hat; das würde heißen, daß sie beim wassergekühlten Motor im allgemeinen leichter zu erreichen ist wie beim luftgekühlten. Infolge der Schleuderwirkung des rotierenden Motors scheint sie beim stationären Motor wierderum leichter erreichbar wie beim rotierenden, wenn auch durch Anordnung von Fangblechen usw. beim rotierenden Motor eine Verbesserung erzielt werden kann.

Die Geräuschlosigkeit zu erreichen, scheint schließlich beim rotierenden Motor zwar nicht unmöglich, aber immerhin schwerer erreichbar wie beim stationären Motor. Dabei muß zugestanden werden, daß von Haus aus das Geräusch, das der rotierende Motor verursacht, verhältnismäßig schwach ist, wobei es dahingestellt bleibe, ob das eine Folge des geringen mittleren Druckes dieses Motors ist, (dann ginge dieser Vorteil bei einer eventuellen Vervollkommnung dieses Motors verloren) oder andere Ursachen hat.

Ruhiger Gang bei normaler und verminderter Drehzahl.

Ein ruhiger, möglichst erschütterungsfreier Gang des Motors ist zu fordern, weil bis zu einem gewissen Grad Betriebssicherheit und Gewicht des ganzen Flugzeugs von ihm abhängen, unter Umständen auch, worauf noch an anderer Stelle zurückgekommen wird, der Wirkungsgrad der Schraube dadurch beeinflußt wird. Starke Erschütterungen durch den Motor bedingen einen kräftigen und damit schweren Unterbau für den Motor, sie können die Lockerung von Verbänden im Flugzeug und damit Unfälle verursachen.

Die Erzielung ruhigen Gangs ist in erster Linie eine Frage der Zylinderzahl und Zylinderanordnung. Im allgemeinen sind sowohl für wassergekühlte wie luftgekühlte Motoren, (für beide wird ja die Zylinderanordnung von verschiedenen Gesichtspunkten aus vorzunehmen sein), Anordnungen möglich, die einen ruhigen Gang ergeben. Jedenfalls ist die Ruhe des Gangs beim rotierenden Motor weitaus am größten. In zweiter Linie ist die Ruhe des Gangs bei nicht rotierenden Motoren von der Kolbengeschwindigkeit, bei gegebener Drehzahl also von der Größe des Hubs abhängig[1]). Die Ruhe des Gangs speziell bei verminderter Leistung ist sodann davon abhängig, inwieweit sich der normale Arbeitsprozeß in den Zylindern abspielt, ist also abhängig von der Vergaserkonstruktion, von der Güte der Zündung und Zündregulierung und schließlich von der Güte der Kühlung[2]).

[1]) Auch ein hochhubiger Motor kann zu ruhigem Gang gebracht werden, wenn man unter Inkaufnahme ganz unbedeutender Mehrgewichte an dem Motor zusätzliche Massen anordnet, die gegenüber den hin- und hergehenden Getriebemassen gegenläufige Bewegungen ausführen. Wird dieser Ausgleich sorgfältig ausgeführt, so kann ein nicht rotierender Motor zu einem Gang gebracht werden, der, was Ruhe anlangt, vom rotierenden Motor nicht übertroffen wird. Hierbei ist nicht an den bekannten Ausgleich durch Gegengewichte, die an der Kurbel angebracht werden, gedacht. Sie vermögen einen vollkommenen Massenausgleich nicht zu bringen.

[2]) Geht der Motor langsamer, so hat das frische Gemisch länger Zeit, sich während des

In letzterer Hinsicht wäre also der wassergekühlte Motor gegenüber dem luftgekühlten im Vorteil. Es soll damit nicht gesagt sein — darauf ist später noch einzugehen —, daß die luftgekühlten Motoren unter allen Umständen eine ungenügende Kühlung haben müßten, sondern nur, daß bei wassergekühlten Motoren eine intensive Kühlung leichter und müheloser erzielt werden kann wie bei luftgekühlten. Die Ruhe des Gangs wird durch das Aussetzen eines Zylinders umsoweniger beeinflußt, je größer die Zahl der Zylinder oder besser die Zahl der auf eine Umdrehung entfallenden Arbeitshübe ist; in dieser Hinsicht wäre bei gleicher Zylinderzahl ein Zweitaktmotor einem Viertaktmotor überlegen. Der letzte Punkt betrifft aber z. T. eigentlich mehr die Gleichförmigkeit des Ganges als seine Ruhe.

Gleichförmiger Gang.

Hier gilt, was soeben von Zweitakt und Viertakt sowie von der Zylinderzahl gesagt ist. Es kommt weiter hinzu die Größe der dem Motor zur Verfügung stehenden Schwungmasse. Hier ist der rotierende Motor weitaus im Vorteil, sein Gang besitzt eine Gleichförmigkeit, wie sie von keinem andern Motor erreicht wird. Welchen Einfluß diese Gleichförmigkeit auf den Schraubenwirkungsgrad hat, kann bis heute noch nicht einwandfrei angegeben werden. Von vielen Seiten wird eine bedeutende Überlegenheit des rotierenden Motors gegenüber einem stationären gleicher Leistung behauptet, dabei ist in den Drehzahlen kein wesentiicher Unterschied. Ob die Gleichförmigkeit der Umlaufgeschwindigkeit die Ursache ist, scheint zum Teil nach Versuchen von Bendemann fraglich[1]). Jedenfalls konnte bei diesen Versuchen ein nennenswerter Unterschied betr. des Schraubendrehmoments nicht nachgewiesen werden, wenn die Schraube das einemal vom Motor mit entsprechender Ungleichförmigkeit der Umlaufsgeschwindigkeit, das andermal von einem gleichmäßig laufenden Elektromotor angetrieben wurde. Bliebe sonach nur die Möglichkeit, daß zwar das Drehmoment nicht beeinflußt wird, wohl aber infolge von Erzitterungen und Schwingungen des Schraubenblatts der Schraubenzug. Auch bliebe es offen, ob die Gleichförmigkeit oder die Ruhe des Gangs oder beide zusammen diesen möglichen Unterschied hervorruft. Bei den üblichen Drehzahlen von 1200 und mehr sind irgendwelche Unregelmäßigkeiten im Gang des Propellers nicht wahrzunehmen, wohl aber ist zu sagen, daß

Ansaugens und Komprimierens an den heißen Teilen des Zylinders zu erwärmen, so daß dann selbsttätige vorzeitige Zündung eintreten kann, die einen harten Gang, im Grenzfall einen plötzlichen Rückschlag ergibt. Dieser Vorgang ist beim Abstellen der Zündung eines nicht sehr reichlich gekühlten Motors stets zu sehen. Der Propeller treibt den abgestellten Motor mit ständig abnehmender Drehzahl weiter, bis — unter Umständen bei stark verminderter Drehzahl — plötzlich der Rückschlag eintritt. Je heißer der Motor, bei umso höherer Drehzahl tritt der Rückschlag ein. Es kann sich hierbei nicht um die Wirkung glühenden Zunders im Motor handeln, denn dann würde der Motor sofort weiter zünden.

[1]) Im teilweisen Gegensatz dazu steht ein Fall, der mir glaubhaft mitgeteilt wurde, in dem der Zug eines Motors mit Schraube dadurch verbessert wurde, daß die Spitzen des Schraubenblatts mit Messing beschlagen wurden. Wenn auch andere Ursachen dabei möglich sind, so ist doch das naheliegendste, daß das Schwungmoment der Schraube erhöht und damit die Gleichförmigkeit des Gangs verbessert wurde.

bei 900 bis 1000 Umdrehungen schon die Ungleichförmigkeit der Umlaufsgeschwindigkeit mit dem Auge bei einem Vierzylindermotor deutlich wahrnehmbar ist, und es scheint bei einem solchen Anblick eine starke Vibration des Propellers durchaus wahrscheinlich[1]).

Schließlich bliebe die Möglichkeit, daß die von dem Rotationsmotor infolge der Rotation hervorgerufene Luftströmung sich in günstiger Weise mit der durch die Schraube hervorgerufenen Luftströmung kombiniert und den Schraubenwirkungsgrad erhöht.

Leider ist man gerade bezüglich dieser wichtigen Fragen vorläufig nur auf Vermutungen angewiesen. Auch wenn man die Behauptung der Praktiker gelten läßt, daß eine Überlegenheit in der Leistungsfähigkeit des rotierenden Motors in dieser Hinsicht besteht, so ist der Grad dieser Überlegenheit nicht feststellbar, und es scheint zu allem hin fraglich, ob nicht die Gewichtsverringerung, oder eine geringere Leistungsabnahme bei Erreichung größerer Höhen zu dem Urteil beiträgt; kurzum gerade in diesem wichtigen Punkt lassen uns bis heute noch unsere exakten Kenntnisse im Stich, so wichtig eine Klärung wäre.

Geringer Luftwiderstand und Raumbedarf.

Der Raumbedarf eines Motors hat in zweierlei Hinsicht eine gewisse Bedeutung. Einmal ist vom größeren oder geringeren Raumbedarf die mehr oder weniger bequeme Unterbringung des Motors im Flugzeug abhängig. Je geringer der Raumbedarf, umso weniger muß der Konstrukteur bei der Formgebung des Flugzeugs, bei der Anordung und dem gesamten Aufbau auf den Motor Rücksicht nehmen. Außerdem ergibt ein Motor mit großem Raumbedarf ein größeres Trägheitsmoment des Flugzeugs. In dieser Hinsicht am günstigsten sind sternförmige Motoren, deren Trägheitsmoment verhältnismäßig klein ist.

Daß der Luftwiderstand, den ein Motor erzeugt, möglichst gering sein sollte, ist selbstverständlich. Ja ein geringer Luftwiderstand ist wichtiger wie eine gewisse Gewichtsersparnis. Je nach der Form und der Anordnung des Motors und der Fluggeschwindigkeit erzeugt er einen Luftwiderstand, der eine beträchtliche Größe erreichen kann, das zeigt die folgende Tabelle. In ihr ist schätzungsweise der Luftwiderstand eines 100-PS-Reihenmotors zu $\frac{v^2}{100}$, für einen Sternmotor zu $\frac{v^2}{50}$ angenommen und mit einem Schraubenwirkungsgrad von 0,6 gerechnet[2]).

---

[1]) Es werde in diesem Zusammenhang auch auf die guten Erfolge der Renault-Motoren hingewiesen, die allerdings mindestens zum Teil durch die niedere Schraubendrehzahl bedingt sind. Diese Motoren besitzen aber außerdem einen verhältnismäßig sehr gleichförmigen Gang, einmal infolge ihrer großen Zylinderzahl, sodann infolge des mit der rasch laufenden Welle gekuppelten Ventilators, dessen Schwungmoment zu dem der großen Schraube hinzukommt. Auch auf die verhältnismäßig große Zugkraft und Leistungsfähigkeit der relativ sehr gleichmäßig laufenden Grademotoren sei hingewiesen.

[2]) Streng genommen, wenn eine größere Genauigkeit anzustreben wäre, müßte natürlich der Schraubenwirkungsgrad für große Geschwindigkeiten höher gewählt werden wie für kleine; am Sinn der Zusammenstellung würde aber damit nichts geändert.

Fluggeschwindigkeit	$v =$	15	20	30	40 m/sec
Schraubenzug	$Z =$	300	225	150	110 kg
Motorwiderstand	$W =$	2,25	4	9	16 kg
(Reihenmotor)	$\frac{W}{Z} =$	0,75	1,8	6	15%
Motorwiderstand	$W =$	4,5	8	18	32 kg
(Sternmotor)	$\frac{W}{Z} =$	1,5	3,6	12	30%

Dieser Verlust ist aber doppelt zu bewerten; da infolge der geringeren zur Überwindung sonstiger Widerstände verfügbaren Zugkraft eine geringere Fluggeschwindigkeit erzielt wird, ist zum Tragen einer bestimmten Last ein größerer Flächenanstellwinkel nötig, der seinerseits einen größeren Widerstand bedingt. Eine Verringerung der toten Widerstände um 10 % bedingt in normalen Fällen einen Gewinn an Tragkraft von 20 % und mehr. Mit Recht wird deshalb im Flugzeugbau mehr auf eine Verringerung der Widerstände als auf äußerste Gewichtsersparnis hingearbeitet.

Der Luftwiderstand eines Motors in Reihenanordnung ist jedenfalls nicht so klein, als man im ersten Augenblick meinen könnte, und zwar deshalb nicht, weil trotz seines schmalen Aufbaus er eine ganze Anzahl größerer und kleinerer Vorsprünge usw. besitzt. Das sind Auspuff- und Vergaserrohre, Vergaser, Ventilstößel, Kipphebel, Ventilspindeln und -federn, Zündkerzen und Zündkabel, Zischhähne, Wasserablaßhähne, Kühlwasserleitungen usf.

Der Widerstand eines luftgekühlten Motors wird außerdem durch die Kühlrippen vergrößert, besonders dann, was leicht eintreten kann, wenn die Kühlrippen nicht ganz in die Bewegungsrichtung des Flugzeugs bzw. des Schraubenstrahls und der Schraubenstrahlelemente fallen. Infolge der Zylinderanordnung dieser Motoren wirken die zusätzlichen Widerstände durch die Armaturen unter Umständen viel stärker auf eine Vergrößerung des Luftwiderstands hin wie beim Reihenmotor mit Wasserkühlung.

Es besteht in der Zylinderanordnung ein prinzipieller Unterschied zwischen luft- und wassergekühlten Motoren. Während der luftgekühlte Motor unbedingt im vollen Luftstrom zwecks möglichst kräftiger Kühlung liegen muß, steht nichts im Wege, den wassergekühlten Motor einzukleiden und nur den Kühler bei günstiger Formgebung dem Luftstrom auszusetzen[1]). Da es nun außerdem beim luftgekühlten Motor darauf ankommt, alle Zylinder möglichst gleichmäßig dem Wind auszusetzen, woraus sich Anordnungen in V-form, Fächerform oder Sternform ergeben, ist der Luftwiderstand dieser Motoren schon durch ihre Form und Anordnung verhältnismäßig sehr groß. Im Gegensatz dazu ist für einen wassergekühlten Motor schon im Interesse einer bequemen und einfachen Führung des Wassers durch die einzelnen Zylinder die Reihenanordnung die bevorzugte, die

[1]) Motoren, die nach Art des Renault-Motors durch einen Ventilator gekühlt werden, können zwar auch eingekapselt werden: allein der Ventilator verzehrt dann doch einen Arbeitsaufwand, der sich nicht wesentlich von dem unterscheiden wird, den der Luftwiderstand des Motors bedingen würde, wenn er direkt im Luftstrom läge.

verhältnismäßig geringe Luftwiderstände im Gefolge hat und ohne allzu große Schwierigkeiten eine Einkleidung ermöglicht.

In bezug auf den Luftwiderstand werden also die wassergekühlten Motoren gegenüber den luftgekühlten im Vorteil sein, ein Vorteil, der durch das größere Gewicht dieser Motoren aber zum Teil wieder aufgehoben wird.

Ein Zweitaktmotor hat in der Regel ein geringeres Maschinenvolumen als ein Viertaktmotor, es wird also jedenfalls bei im übrigen gleichen Verhältnissen der Luftwiderstand eines Zweitaktmotors geringer sein als der eines Viertaktmotors.

Betriebssicherheit.

Die Betriebssicherheit ist weniger durch das System — System im Sinne dieser Darlegungen — als durch die konstruktive und die Werkstattausführung des betreffenden Motors bedingt. Es kann ein luftgekühlter Motor ebensogut betriebssicher sein wie ein wassergekühlter, ein Zweitaktmotor wie ein Viertaktmotor, nur wird weniger Erfahrung, Raffinement in der Konstruktion und Ausführung dazu gehören, einen wassergekühlten Motor betriebssicher zu machen wie einen luftgekühlten, ebenso wird die Konstruktion eines betriebssicheren Viertaktmotors leichter gelingen wie die eines Zweitaktmotors.

Man kann auch von der Erwägung ausgehen, daß die Betriebsunsicherheit umso größer sein wird, je größer die Zahl der Elemente ist, aus denen sich ein Motor zusammensetzt, weil an jedem der Elemente eine Störung auftreten kann, die den Betrieb hemmt, die Betriebssicherheit beeinträchtigt.

Von solchen Erwägungen aus würde der luftgekühlte Motor betriebssicherer sein wie ein wassergekühlter. Zu der Wasserkühlung gehören eine ganze Anzahl zum Teil nicht unempfindlicher Elemente, an denen Störungen auftreten können, als da sind: leicht gebaute Kühler, Rohrleitungen mit Gummimuffen, Wasserpumpe und ihr Antrieb, Wassersammelgefäß über den Zylindern, Lüftungsrohr und Kühlmäntel. Der Defekt an einem der Teile kann eine Betriebsstörung herbeiführen.

Auf der andern Seite bedarf der luftgekühlte Motor einer intensiven Schmierung. Eine Störung in der Ölzuführung kann für ihn da, wo sie für den wassergekühlten Motor noch belanglos ist, schon verhängnisvoll werden; Ventile und Kolben eines luftgekühlten Motors sind unter Umständen Temperaturen ausgesetzt, die so hoch sind, daß sie den Bestand dieser Teile viel leichter gefährden, wie das bei einem wassergekühlte der Fall wäre.

Man kann also höchstens sagen, daß ein luftgekühlter Motor, wenn seine ausreichende Kühlung dauernd gewährleistet ist, eine größere Betriebssicherheit wie ein wassergekühlter verspricht. Man darf dabei aber nicht vergessen, daß zahlreiche wassergekühlte Motoren von sehr hoher Betriebssicherheit, auch was die Kühlung anlangt, bekannt und bewährt sind.

Übersichtlichkeit, leichte Zugänglichkeit, Einfachheit.

Die Einfachheit eines Motors darf natürlich nicht eine scheinbare sein, derart, daß ein komplizierter Aufbau durch Verkleidungen verdeckt ist. Ebenso kann die Einfachheit eines Motors eine scheinbare sein, wenn Teile, die bei anderen

Motoren äußerlich, z. B. am Zylinder angebracht sind, ins Innere des Motors verlegt sind[1]).

Einfachheit und Übersichtlichkeit ermöglichen und erleichtern eine Kontrolle der Maschinen und können so im gegebenen Fall die Betriebssicherheit erhöhen. Andererseits kann freilich die Betriebssicherheit gerade durch Hinzufügen neuer Elemente auf Kosten der Einfachheit des Motors erhöht werden (z. B. doppelte Zündapparate und Kerzen).

Auch die leichte Zugänglichkeit erleichtert die Kontrolle, die Ausbesserung und Auswechselung von einzelnen Teilen.

Übersichtlichkeit, Zugänglichkeit, Einfachheit hängen dergestalt eng mit der Betriebssicherheit zusammen, und alle bei der Betriebssicherheit angeführten Gesichtspunkte können mutatis mutandis an dieser Stelle wiederum geltend gemacht werden. Auch was betreffs der einzelnen Systeme dort gesagt ist.

Die Einfachheit der Maschine kann natürlich unter Umständen auf Kosten geringen spezifischen Konstruktionsgewichts gehen, wenn nämlich infolge der primitiven Konstruktion z. B. ein geringer mittlerer Druck, allgemein eine unvollkommene Durchführung des Arbeitsprozesses in der Maschine oder ein schlechter mechanischer Wirkungsgrad usw. erzielt wird. Damit ist dann ein hoher Betriebsmittelverbrauch verbunden. Die Betriebssicherheit freilich wird in manchen Fällen durch derartige Mängel erhöht, insofern, als z. B. ein unvollkommen durchgeführter Arbeitsprozeß weniger leicht Störungen unterworfen ist[2]). Durch all diese verschiedenen Einflüsse ist oft ein abwägendes Urteil im einzelnen Fall sehr erschwert.

Geringes Eigengewicht bei großer Leistung.

Geringes Eigengewicht ist eine für Flugmotoren unerläßliche Forderung. Es handelt sich nicht nur darum, daß durch Verwendung eines um 50 kg leichteren Motors beispielsweise 50 kg am Gesamtgewicht gespart werden, dem leichteren Motor genügt ein leichterer Unterbau und unter Umständen Verstrebung und ein leichteres Fahrgestell, die dadurch erzielte Verringerung der Gesamtlast wirkt auf die Größe und das Gewicht der Tragdecken zurück, das geringere Trägheitsmoment, das diesen geringeren Gewichten entspricht, ermöglicht die Verwendung kleinerer und leichterer Steuer, so daß aus 50 kg Ersparnis leicht 100 kg werden können. Das wird natürlich nur eintreten können, wenn man in der Lage ist, das Flugzeug von vornherein auf den betreffenden Motor zuzuschneiden.

---

[1]) Das gilt z. B. von den Einlaßventilen des Gnômemotors. Dadurch, daß die Einlaßventile in den Kolben eingebaut sind, wird fürs Auge eine scheinbare Vereinfachung gegenüber anderen Motoren erreicht; das geschieht auf Kosten der leichten Zugänglichkeit.

[2]) Durch ein günstiges Verhältnis zwischen Luft und Benzin und innige Mischung beider im Verein mit besonders kräftiger Zündung und guter Kompression wird z. B. ein sehr hoher mittlerer Druck und geringer Brennstoffverbrauch erzielt, die Durchführung des Arbeitsprozesses ist vollkommen. Durch eine Verschlechterung der Mischung und des Mischungsverhältnisses durch irgendwelche äußeren oder inneren Einflüsse, durch Verringerung der Kompression infolge irgendeiner Undichtheit tritt dann gleich eine bedeutendere Abnahme der Leistung ein, wie wenn die günstigen Verhältnisse weniger stark auf die Spitze getrieben wären.

Zur Erzielung eines geringen Eigengewichts sind verschiedene Wege gangbar. Der nächstliegende, weil für ihn der Kraftwagenbau in der Ausbildung von Rennmaschinen das unmittelbare Vorbild gibt, ist der, die spezifische Leistung der Maschine nach Möglichkeit zu erhöhen, d. h. mit hohem mittleren Druck und hoher Kolbengeschwindigkeit zu arbeiten. Das bedeutet in letzter Konsequenz bei relativ niederer Drehzahl den Bau hochhubiger Maschinen. Damit kommt man im Extrem mit der Forderung ruhigen Gangs und großer Lebensdauer in Widerstreit. Man wird also in Hinsicht der Kolbengeschwindigkeit eine mittlere Linie einhalten müssen, wenn man nicht Mehrgewichte, wie sie durch Ausgleichsvorrichtungen entsprechend Fußnote[1]) S. 42 bedingt sind, in Kauf nehmen will.

Die Höhe des erreichbaren mittleren Drucks ist, zunächst Viertakt vorausgesetzt, durch verschiedene Momente bedingt, und zwar:

1. Durch die Güte der Vergasung und Mischung von Luft und Gas;
2. durch die Ausbildung der Explosionskammer;
3. durch das spez. Gewicht der frischen Füllung (bedingt durch Druck und Temperatur des Frischgases);
4. durch die gute Ausstoßung der Rückstände;
5. Dichtigkeit von Ventilen und Kolben;
6. Höhe der Kompression bei geringer Erwärmung (Gefahr der Selbstzündung;
7. kräftige, rasche, rechtzeitige Zündung durch das ganze Gemisch hindurch);
8. hoher mechanischer Wirkungsgrad.

Die Vergasung bedingt einen Wärmeaufwand; soweit dabei nicht von außen Wärme zugeführt, sondern die erforderliche Wärme der angesaugten Luft entzogen wird, wird dadurch die Forderung 3 begünstigt, das Gemisch tritt möglichst kalt in den Zylinder[1]). Die Güte der Vergasung und Mischung von Benzindampf und Luft ist auch abhängig von der zur Verfügung stehenden Zeit, d. h. von der Ausbildung und Länge der Strömungswege und von den Strömungsgeschwindigkeiten.

Betreffs Ausbildung der Explosionskammer herrscht die Ansicht vor, daß die Explosionskammer möglichst kompakt sein soll, so daß die Zündwege möglichst nach allen Richtungen gleich kurz sind, die Zündung also möglichst plötzlich und nicht schleppend vor sich geht. Auch noch andere Gründe sprechen für diese Ausbildung. Dadurch bedingt ist für den Explosionsraum eine verhältnismäßig kleine Oberfläche und die Anordnung im Zylinderkopf selbst untergebrachter Ventile. Man sieht ohne weiteres ein, daß damit auf der anderen Seite auch gewisse Nachteile in Kauf genommen werden müssen. Aus der relativ kleinen Oberfläche folgert eine geringe Kühlung. So vorteilhaft sie für den Arbeitsgewinn bei der Explosion selbst ist, so hat sie doch Übelstände besonders da im Gefolge, wo die Kühlung sowieso Schwierigkeiten macht[2]). Ferner ist man in der Größe der Ventile beschränkt.

---

[1]) Es muß aber die zugeführte Frischluft diejenige Wärmemenge enthalten, die zur Verdampfung des Benzins nötig ist. Daraus folgt, daß bei niederer Außentemperatur eine Anwärmung der Frischluft, so unerwünscht sie an sich ist, nötig wird.

[2]) Es hat sich deshalb bei luftgekühlten stationären Motoren die Anordnung beider Ventile im Zylinderkopf wenig bewährt.

Je größer das pro Hub angesaugte Gewicht des Gemisches ist, umso größer wird die Leistung pro Hub ausfallen. Die Größe dieses Gewichts ist bei gegebenem Hubvolumen abhängig von der Präzision der Steuerung und von Druck und Temperatur des Gemisches. Eine absolute Präzision der Steuerung ist jedenfalls bei zwangläufiger Steuerung der Ventile mehr gewährleistet, als wenn das Einlaßventil nach Art der Kompressorventile selbsttätig wirkt. Es fällt dabei ins Gewicht, daß die Ventile verhältnismäßig schwer gehalten werden müssen, damit sie den Explosionsdrücken gewachsen sind, und daß sich eine Unterteilung der Ventile aus verschiedenen Gründen meist verbietet, zum mindesten mit zahlreichen Komplikationen verknüpft sein würde.

Der Druck des angesaugten Gemisches ist, abgesehen vom äußeren Luftdruck, abhängig von der Durchbildung des Vergasers, der anschließenden Rohrleitungen und dem Ventilquerschnitt im Einlaß. Die Temperatur schließlich ist, abgesehen von der Außentemperatur, von der Intensität der Kühlung des Zylinders abhängig, in dem sich die angesaugte Luft naturgemäß erwärmt. Dabei wird die Erwärmung umso stärker sein, je größer die Geschwindigkeit ist, mit der die Luft an den erwärmenden Stellen vorbeifließt[1]). Durch die Rückstände im Zylinder tritt gleichfalls infolge der Mischung mit ihnen eine Erwärmung des frischen Gemisches ein. Je geringer die Rückstände sind, d. h. je kleiner der Kompressionsraum, je höher die Kompression, umso unbedeutender ist ihr Einfluß, ebenso je niederer ihre Temperatur, d. h. je besser die Kühlung des Motors. Es erscheint so die Temperatur des frisch angesaugten Gemisches in erster Linie von der Kühlung des Motors abhängig, sodann von dem Volumen der Rückstände, d. h. von der Höhe der Kompression.

---

[1]) Ein kombiniertes Ein- und Auslaßventil hat z. B. sicher den Vorteil, daß das Auslaßventil, das mehr wie alle anderen Teile des Motors erwärmt wird, durch das frische Gemisch gekühlt wird. Das frische Gemisch wird aber andererseits an dem Auslaßventil im gleichen Maß erwärmt, und es fragt sich, ob dieser Nachteil den angestrebten Vorteil nicht aufwiegt.

Ganz allgemein folgt daraus, daß eine Kühlung irgendwelcher Motorteile durch die Frischluft nur einen problematischen Wert hat; je besser die angestrebte Kühlung auf diesem Wege erreicht wird, umsomehr wird die Frischluft erwärmt und sinkt damit die Ausnutzung des gegebenen Hubvolumens. Es wird außerdem auf diese Art nie die Wärme, die in die Frischluft geht, aus dem Motor herausgeführt, sondern bleibt in dem Arbeitsprozeß. Sie wird bestenfalls von einem besonders gefährdeten Maschinenteil auf einen weniger gefährdeten Teil übertragen. So kühlt z. B. der Gnômemotor den Kolben durch die Frischluft, notwendigerweise ist dann die dem Kolben entzogene Wärme in dem frischen Gemisch enthalten und, das angesaugte Gemischgewicht ist kleiner. Die während des weiteren Arbeitsprozesses sich einstellenden Temperaturen sind um einen entsprechenden Betrag höher usf.

Etwas anderes wäre es, wenn man die Frischluft durch längere Wege zirkulieren ließe, so daß sie an einer Stelle ihres Weges heißen Motorteilen Wärme entzieht, sie in einer Zwischenkühlung nach außen abgibt und darauf erst in den Arbeitszylinder eintritt. Eine derartige Wirkungsweise ist z. B. bei Zweitaktmotoren mit Stufenkolben oder Zweitaktmotoren, bei denen die Kolbenrückseite als Luftpumpe ausgebildet ist, denkbar. In beiden Fällen kühlt die Frischluft bis zu einem gewissen Grad den Kolben. Auf dem Wege durch die Umleitungen von der Pumpenseite zur Arbeitszylinderseite könnte durch geeignete Vorrichtungen die so erwärmte Luft wieder gekühlt werden.

Die gute Ausstoßung des verbrannten Gemischs ist abhängig von der Präzision der Steuerung, von der Größe der Ventilquerschnitte. Ein Teil der Rückstände, entsprechend der Größe der Explosionskammer, wird stets zurückbleiben, wenn nicht, wie schon vielfach vorgeschlagen, eine Hilfsausspülung vorgesehen wird, die aber m. W. bis heute für Flugmotoren nicht Anwendung gefunden hat. Sie würde eine nicht unbeträchtliche Erhöhung des mittleren Kolbendrucks bedingen, aber auch konstruktive Komplikationen und Mehrgewichte im Gefolge haben. Die gute Ausstoßung der Rückstände kann durch geeignete Anordnung der Auspuffrohre begünstigt werden. Im übrigen ist der Einfluß der Rückstände umso unbedeutender, je kleiner der Kompressionsraum ist, d. h. je höher die Kompression getrieben wird.

Abgesehen von der konstruktiven Ausbildung, dem Material und der Werkstättenausführung hängt die Dichtigkeit der Ventile und Kolben von der Kühlung ab bezw. von der größeren oder geringeren Erhitzung dieser Teile. Nach dem Vorhergesagten wird die Erhitzung des Auslaßventils und seines Sitzes auch von der Größe des freien Ventilquerschnitts abhängen, weil durch sie zum Teil die Durchtrittsgeschwindigkeit der heißen Verbrennungsrückstände bedingt ist[1]).

Die Kühlung des Kolbenbodens ist stets verhältnismäßig schwierig. Sie kann nur indirekt erfolgen. Einmal durch den Kolben- und Zylinderlauf — unter Kolbenlauf sei der zylindrische Teil des Kolbens verstanden — unter Vermittelung des Schmieröls, sodann auf der Kolbenrückseite durch Luft und Spritzöl sowie durch die Pleuelstange, die einen wohl kleinen Teil der Wärme abführt. Es muß demnach dafür gesorgt sein, daß ein möglichst großer Wärmeabfluß vom Kolbenboden zum Kolbenlauf stattfinden kann. Es muß ferner dafür gesorgt sein, daß der Zylinderverlauf möglichst kühl ist (mehr als das sonst in Rücksicht auf die Aufrechterhaltung der Schmierung nötig wäre), es muß außerdem dafür gesorgt werden, daß die Kühloberfläche des Kolbens — das ist der Kolbenlauf — genügend groß ist. Je höher die Temperatur der Zylinderwandungen, umso länger sollte demnach der Kolben sein. Je größer der Kolbendurchmesser, umso schwieriger wird die Kühlung des Kolbens, besonders bei kleinem Hub und dementsprechend kleinem Kolbenlauf. Es leuchtet ein, daß ein bestimmtes Temperaturgefälle nötig ist, eine bestimmte nötige Wärmemenge von der Mitte des Kolbenbodens nach dem Kolbenlauf zu treiben. Dabei liegt bei sonst gleichen Verhältnissen die Temperatur des Kolbenlaufs durch die Zylindertemperatur fest, infolgedessen muß mit der Größe des Kolbendurchmessers die Temperatur in Mitte Kolbenboden höher werden. Umgekehrt folgt daraus, daß zur Erreichung genügen-

---

[1]) Um eine übermäßige Erhitzung der Auslaßventile zu vermeiden, ist schon vielfach ein Hilfsauslaß am Kolbenende angewendet worden, indem der Kolben im unteren Totpunkt Öffnungen in der Zylinderwand freigibt. Die Wirkung dieses Hilfsauslasses ist die, daß nunmehr die Auslaßventile weniger heiß werden, dafür aber der Kolbenlauf, in dem der Hilfsauslaß liegt, heißer wird. Das schadet nicht, wenn diese Stellen genügend gekühlt sind. Unangenehm bleibt das durch die Löcher mit dem Auspuff ausgestoßene Schmieröl und der dadurch bedingte Schmierölaufwand. Das nutzbare Hubvolumen der Maschine wird um die Höhe der Löcher kleiner, trotzdem kann ein Gewinn damit verbunden sein, besonders wenn die Auslaßventile klein sind.

der Kolbenkühlung die Temperatur des Zylinderlaufs umso niederer sein muß, je größer der Kolbendurchmesser ist. Eine Harz- oder Koksbildung auf der Außenseite des Kolbenbodens schützt den Kolbenboden vor Überhitzungen, eine Harzbildung auf der Innenseite des Kolbenbodens beeinträchtigt die Kühlung durch Spritzöl und Luft. Die Kühlung des Kolbens wird besser sein, wenn er allseitig dicht am Zylinderlauf anliegt, resp. allseitig der Wärmedurchgang durch Vermittelung einer genügenden Ölschicht gewährleistet ist[1]).

Am nächsten liegt es, und innerhalb gewisser Grenzen am wirksamsten ist es, den mittleren Druck durch Erhöhung der Kompression zu vergrößern, doch sind dem natürlich Grenzen einmal durch die Forderung ruhigen Gangs gezogen, sodann dadurch, daß unerwünscht frühe Selbstzündung des Gemisches vermieden werden muß, weil sie nicht nur die Ruhe des Ganges beeinträchtigt, sondern vor allem, wie ohne weiteres einleuchtend, durch Störung des gewollten Arbeitsprozesses einen großen Ausfall an Leistung und starke Erhitzung der Maschine bedingen kann. Bei sonst gleichen Verhältnissen wird Selbstzündung umso später zu erwarten sein, je besser die Kühlung der Maschine, speziell des Auslaßventils und Kolbens ist, ganz abgesehen davon, daß die für die Kompression erforderliche Arbeit bei besserer Kühlung kleiner ist. Je besser die Kühlung, umso höher kann man also mit der Kompression gehen.

Was schließlich die Zündung anlangt, so ist der Zündfunke bei sonst gleichen Verhältnissen umso kräftiger, je geringer der Kompressionsdruck und je niederer die Temperatur ist. Wird das Gemisch an zwei Stellen gleichzeitig zur Entzündung gebracht, so pflanzt diese sich schneller fort, der Explosionsdruck und damit die Leistung steigt. Damit dürften alle Einflüsse aufgezählt und, wenn auch nur andeutungsweise, besprochen sein, die auf die erreichbare Höhe des mittleren Drucks von Einfluß sind. Neben rein konstruktiven Maßnahmen treten vor allem drei Faktoren als ausschlaggebend in den Vordergrund, d. i. neben guter Gemischbildung und Zündung: verhältnismäßig hohe Kompression bei guter Kühlung und geringer Erhitzung der Ventile und Kolben. Man sieht, welche ausschlaggebende Bedeutung die Güte der Kühlung für die Erreichung eines hohen mittleren Drucks und damit einer großen spezifischen Maschinenleistung hat.

Eine Erhöhung des mittleren Druckes ist sodann gegeben durch Übergang vom Viertakt zum Zweitakt. Es ist klar, daß unter Umständen damit schon dann ein Vorteil erreicht werden kann, wenn auch der mittlere Druck, bezogen auf nur zwei Hübe, kleiner wird wie bei Arbeit mit Viertakt. Mit anderen Worten, es ist ein Vorteil auch dann gegenüber dem Viertakt erreicht, wenn der einzelne Arbeitsprozeß nicht gleich vollkommen, die Ausnutzung des Hubvolumens nicht gleich gut ist wie beim Viertaktverfahren. Nun erfordert das Zweitaktverfahren Vorkehrungen verschiedener Art, Ladepumpe usw., die es im ersten Augenblick

[1]) Ob freilich in Rücksicht hierauf die Ausbildung einer relativ geräumigen etwa $^2/_3$ des Kolbenlaufs einnehmenden Ölkamme um den Kolben herum nach dem Vorgang von Anzani empfehlenswert ist, muß dahingestellt bleiben. Mit der Dicke der Ölschicht wächst jedenfalls die erforderliche Höhe des Temperaturgefälles, um die Wärme vom Kolben durch das Öl in die Zylinderwand zu treiben. Daß die Flächenpressung am Kolben auf diese Art sehr hoch wird, ist klar.

fraglich erscheinen lassen, ob ein durchschlagender Erfolg erreichbar ist. Es ist zunächst eine konstruktive Frage, ob der Gewichtszuwachs, der unter Umständen bedingt ist, nicht die Vorteile verschlingt. Es sind Maschinen bekannt, bei denen das nicht der Fall ist. Auf Einzelheiten ist noch einzugehen.

Die Maschinenbauarten.

Mag nun der Arbeitsprozeß so vollkommen gestaltet sein wie nur möglich, so wird doch der schließliche Erfolg davon abhängen, ob das durch den gegebenen Arbeitsprozeß geforderte Hubvolumen konstruktiv so verwirklicht wird, daß die Maschine leicht wird. Zunächst wird sich eine Unterteilung des Hubvolumens notwendig machen, d. h. die Maschine wird nicht als Einzylindermaschine ausgeführt werden, sondern in Rücksicht auf Ruhe und Gleichförmigkeit des Ganges als Mehrzylindermaschine.

Der Aufbau der Maschine als Reihenmaschine scheint in Anlehnung an den Kraftwagenbau das Gegebene. Andererseits hat man doch in der Anordnung bei einem Flugzeugmotor freiere Hand als dort, weil man weniger durch die äußere Formgebung gebunden ist wie im Kraftwagenbau, und es stehen dem Konstrukteur alle Variationsmöglichkeiten in bezug auf die Anordnung der Zylinder gegen einander offen. Da es schließlich immer auf Gewichtsersparnis ankommen wird, soweit Zugänglichkeit und Übersichtlichkeit der Maschine, Ruhe des Ganges und Gleichförmigkeit darunter nicht leiden, so wird man sich fragen müssen, ob eine nennenswerte Gewichtsersparnis durch geeignete, von der Reihenmaschine abweichende Anordnung erreichbar erscheint.

Es bieten sich, abgesehen von der Reihenmaschine, folgende Möglichkeiten:

1. Anordnung der Zylinder in zwei Reihen, V-Form,
2. Anordnung der Zylinder in Fächerform,
3. Anordnung der Zylinder in Sternform.

Die mögliche Gewichtsersparnis liegt in der Verkürzung von Welle und Gehäuse und Verringerung des Schubstangengewichts insofern, als mehrere Schubstangen bei solchen Anordnungen an einem Kurbelzapfen angreifen und so die Schubstangenköpfe leichter werden können. Die verschiedenen derartigen bekannten Konstruktionen scheinen auf den ersten Blick zum Teil gewagt, ohne daß aber bei richtiger Ausbildung Ernsthaftes gegen sie vorgebracht werden könnte.

Eine nennenswerte Gewichtsersparnis ist durch solche Anordnungen sicher möglich und nachweisbar, unbequem aber unter Umständen ist der relativ große Raumbedarf solcher Maschinen in der Ebene senkrecht zur Drehachse und der damit verbundene große Luftwiderstand. Das gilt von 2 und 3 mehr wie von 1. Eine Verkleidung solcher Maschinen scheint kaum möglich.

Was für wassergekühlte Motoren einen Nachteil bedeuten würde, ergibt für luftgekühlte einen Vorteil insofern, als hier der Luftwiderstand eben in Rücksicht auf eine möglichst ausgiebige Kühlung in den Kauf genommen werden muß. Für luftgekühlte Motoren, die ohne Zuhilfenahme von Ventilatoren arbeiten, scheint so die leichte Sternform das Gegebene, für wassergekühlte die etwas schwerere Reihenanordnung.

Die Zylinderkühlung.

Streng genommen, sind alle Kraftfahrzeugmotoren luftgekühlt, nur erfolgt in einem Fall die Kühlung direkt, im andern Fall indirekt unter Vermittelung des Wassers als Zwischenträger der Wärme, die von der Zylinderwand zur Luft transportiert werden soll. Der Grund, weshalb ein solcher Zwischenträger von Vorteil ist, ist, wie klar, ein zweifacher. Einmal ist infolge des um ein Vielfaches günstigeren Wärmeübergangs von der Zylinderwand an Wasser gegenüber dem Übergang an Luft am Motor selbst die durch die Zylinderform vorhandene Kühlfläche ausreichend, während andererseits für den Kühler, in dem das Kühlwasser durch die Luft gekühlt wird, eine im Prinzip beliebig große Kühlfläche möglich ist; sodann steht für die Kühlung des Kühlwassers im Kühler eine im Prinzip gleichfalls beliebig große Zeit zur Verfügung insofern, als durch eine entsprechend große Kühlwassermenge die Zeit, während der der gesamte Wasserinhalt einmal zirkuliert, beliebig vergrößert werden kann. Schließlich bildet dieser Wasserinhalt eine Reserve, wenn aus irgendwelchen denkbaren Gründen vorübergehend die Kühlung nicht ausreichend sein sollte. Für Flugmotoren dürfte dieser letzte Vorteil allerdings von sehr untergeordneter Bedeutung sein.

Der Kühler, die erforderlichen Rohrleitungen, die Zirkulationspumpe, die Kühlmäntel an den Zylindern, das meist erforderliche Kühlwassersammelgefäß über den Zylindern samt dem Wasserinhalt, all diese Teile bilden ein zusätzliches Gewicht bei wassergekühlten Motoren, das immerhin nicht unbedeutend ist. An allen diesen Teilen sind, wie schon ausgeführt, Defekte denkbar, die die Betriebssicherheit beeinträchtigen können.

Luftgekühlte Motoren bedürfen unter allen Umständen einer künstlichen Vergrößerung der Zylinderoberfläche. Zu diesem Zweck werden in der Regel Kühlrippen an die Zylinder angegossen oder angedreht. Auch damit ist ein Mehrgewicht verbunden, und man kann in roher Schätzung annehmen, daß das Gewicht der Kühlrippen dem Gewicht des Kühlmantels wassergekühlter Motoren gleichkommt. Trotzdem wird für luftgekühlte Motoren der üblichen Art mit feststehenden Zylindern und angegossenen Kühlrippen keinesfalls eine gleich gute Kühlung erreicht wie bei wassergekühlten Motoren.

In Rücksicht auf den bedeutenden Einfluß, den die Kühlung nach dem Vorausgegangenen auf die Erzielung eines hohen mittleren Druckes hat, ist somit nicht zu erwarten, daß bei diesen luftgekühlten Motoren eine gleich gute Ausnutzung des Hubvolumens der Maschine erreicht wird. Dadurch werden die Vorteile des luftgekühlten Motors zum Teil wieder aufgehoben. In Rücksicht auf die Schwierigkeiten der Kühlung ist eine weitgehende Unterteilung des Gesamthubvolumens nötig. Es ergeben sich so mehr Zylinder mit kleiner Leistung als bei wassergekühlten Motoren, das Maschinengewicht wird dadurch relativ größer, die Gleichförmigkeit und Ruhe des Ganges besser. Kann man bei Wasserkühlung bis etwa 25 PS pro Zylinder gehen, so wird man im allgemeinen bei luftgekühlten Motoren nicht über 12 PS pro Zylinder hinauskommen können. Dabei beträgt das Hubvolumen pro PS bei luftgekühlten Motoren etwa 0,16 — 0,13 Liter/PS, bei wassergekühlten 0,1 — 0,08 Liter/PS, d. h. also, der mittlere Druck ist bei wassergekühlten Mo-

toren ca. 1,5 bis 1,6mal so groß wie bei luftgekühlten, die Leistung pro Zylinder ca. doppelt so groß[1]). Im Zusammenhang damit steht die schlechtere Brennmaterialausnutzung der luftgekühlten Motoren, im Zusammenhang mit der ungünstigeren Kolbenkühlung der größere Schmierölverbrauch. Je größer demnach die geforderte Betriebsdauer ist, umsomehr geht beim luftgekühlten Motor der Vorteil des geringen Konstruktionsgewichts verloren.

Je größer die Geschwindigkeit ist, mit der die kühlende Luft an dem zu kühlenden Zylinder vorbeistreicht, umso besser wird die Kühlwirkung sein. Je mehr die Fluggeschwindigkeit sich steigert, umso günstiger werden demnach die Aussichten für den luftgekühlten Motor. Es ist aber zu beachten, daß man, je größer die Fluggeschwindigkeiten werden, umsomehr auf Verringerung der Widerstände bedacht sein muß, und daß, wie schon ausgeführt, mit zunehmender Geschwindigkeit der prozentuale Arbeitsverlust durch den Motorwiderstand wächst. Dasselbe, wenn auch nicht im gleichen Grad gilt allerdings ebenso vom Kühler eines wassergekühlten Motors.

Eine künstliche Erhöhung der Geschwindigkeit zwischen Luft und Zylinder kann auf zwei Wegen erreicht werden: durch die Ausbildung des Motors zum Rotationsmotor, durch Zuhilfenahme eines Ventilators. Typische Beispiele sind der Gnômemotor und der Renaultmotor. Die Rotation bedingt einen beträchtlichen Arbeitsverlust, ebenso, wenn auch nicht einen gleich starken, der Einbau eines Ventilators. Bei beiden Motorenarten, die vielleicht noch neben Anzani als die bis heute erfolgreichsten Typen von luftgekühlten Motoren angesehen werden können, sind aber außerdem noch andere Hilfsmittel angewendet, um die Übelstände, die mit der ungenügenden Luftkühlung verknüpft sind, zu verringern. Der Gnômemotor saugt die Frischluft durch den Kolben an und kühlt so den Kolben durch die Frischluft. Allerdings erwärmt er dadurch, wie schon ausgeführt wurde, auch das Frischluftgemisch, was natürlich für die Größe der Arbeitsleistung, bezogen auf das Hubvolumen, von Nachteil ist. Renault geht in der Unterteilung des Hubvolumens sehr weit, verwendet also zahlreiche (8—12) Zylinder von kleinem Durchmesser. Das bedingt im Verein mit dem Ventilator und dem Leitmantel für die Luft ein verhältnismäßig großes Gewicht. Er verwendet außerdem eine intensive Kühlung für das zirkulierende Öl.

Es ist hier nicht der Platz, auf die Einzelheiten und konstruktiven Eigentümlichkeiten einzelner Motoren einzugehen, die verhältnismäßig günstigen Bedingungen für die Kühlung eines Rotationsmotors nach Art des Gnôme leuchten auch so ohne weiteres ein. (Explosionsraum an der Stelle der größten Geschwindigkeit, Saugwirkung und Ausstoßung unterstützt durch die Zentrifulgalkraft.) Ebenso die Nachteile (relativ starke Reibungsverluste durch Korioliskraft, großer Ölverbrauch durch Schleuderwirkung, großer Luftwiderstand).

Es wäre anzunehmen, daß bei der sicher besseren Kühlung des rotierendenluftgekühlten Motors gegenüber dem stehenden luftgekühlten der mittlere spezi-

[1]) Das Konstruktionsgewicht luftgekühlter Motoren beträgt etwa 2,0 bis 1,0 kg/PS, für wassergekühlte 2,5 bis 1,8 kg/PS einschließlich Kühler. Würde man bei luftgekühlten Motoren mit demselben Hubvolumen pro PS rechnen können wie bei wassergekühlten, so würde an Stelle von 2,0 bis 1,00 kg/PS, 1,25 bis 0,65 kg/PS treten.

fische Druck höher, der Brennmaterialverbrauch bei ihm gegenüber dem stehenden Motor besser sein müßten. Der mittlere Druck eines Gnômemotors beträgt etwa 4,5 bis 5,0 kg/cm², der eines feststehenden luftgekühltenMotors etwa 4,0 bis 5, ausnahmsweise vielleicht auch 5,5 kg/cm², wenn auch einzelne Firmen wesentlich höhere Leistungen und mittlere Drücke bis fast 7 kg/cm angeben, Zahlen, die aber jedenfalls nur für kurze Zeit erreicht werden. Aus diesen Zahlen folgt aber unter Berücksichtigung der größeren Reibungsverluste des rotierenden Motors, daß sein indizierter mittlerer Druck größer sein muß, als bei den Motoren mit feststehenden Zylindern. Nimmt man an, daß durch den Rotationswiderstand 10 bis 15 % der Leistung verzehrt werden, und daß der mechanische Wirkungsgrad gleichfalls um etwa 10 bis 15 % schlechter ist als bei den feststehenden Maschinen, so tritt an Stelle von 4,5 bis 5,0 kg/cm² ein mittlerer Druck von 5,2 bis 5,7 kg/cm². Auch aus diesen Zahlen kann man noch nicht klar ersehen, ob die vermehrte Kühlwirkung des rotierenden Motors, von seinen besonderen Verlustqellen abgesehen, tatsächlich die Erreichung eines höheren mittleren Drucks zur Folge hat. Es sind dazu die Unterschiede doch zu gering. Es sei denn, daß man den Gnômemotor mit dem wohl gleich zuverlässigen Renaultmotor vergleicht, der einen mittleren Druck von nur 4,0 bis 4,1 kg/cm erreicht, und annimmt, das sich höhere mittlere Drucke mit einer weitgehenden Betriebssicherheit bei feststehenden luftgekühlten Motoren nicht erreichen lassen, beziehungsweise daß höhere mittlere Drucke sich nur so lange ergeben, bis die Maschine warm geworden ist.

Andererseits muß man beim Gnômemotor — wenn man nur die Wirkung der Rotation auf die Kühlung durch die Höhe des mittleren Kolbendrucks einschätzen will — berücksichtigen, daß eine bessere Ausnutzung des Hubvolumens und voraussichtlich eine höhere Kompression[1]) sich erzielen ließen, wenn der Kolben länger gemacht würde und die Kolbenkühlung nicht durch die Frischluft erfolgen würde. Alles in allem kann man demnach wohl eine tatsächliche Verbesserung der Kühlung durch die Erhöhung der Luftgeschwindigkeit infolge der Rotation annehmen.

Wenn andererseits praktisch der mittlere Druck des Rotationsmotors den eines stationären luftgekühlten Motors nicht bedeutend übertrifft, so ist die schließliche praktische Überlegenheit im Gewicht nur in der konstruktiven Ausführung zu suchen, und tatsächlich leuchtet es ja auch ein, daß ein stationärer luftgekühlter Motor, der nicht den großen Beanspruchungen durch Zentrifugalkraft ausgesetzt ist, im übrigen aber wie der Rotationsmotor gebaut wäre (Stahlzylinder usw.), nur leichter, aber nicht schwerer als ein Rotationsmotor werden könnte, gleiche mittlere Drucke vorausgesetzt.

Wenn trotzdem die Überlegenheit des rotierenden Motors besteht, so müssen hierfür noch andere Gründe maßgebend sein. Ein solcher Grund ist jedenfalls

[1]) Es wird dem Gnômemotor meist nachgesagt, daß er so gut wie gar keine Kompression habe. Z. T. ist das wohl eine Täuschung, die durch das große Schwungmoment des Motors hervorgerufen ist, wenn man ihn von Hand andreht. Sodann ist die Kompression speziell bei der leichten Kolbendichtung des Gnômemotors eine Funktion der Kolbengeschwindigkeit bzw. der Drehzahl. Es ist so denkbar, daß eine bei niederer Drehzahl, wie sie von Hand beim Anwerfen erzeugt wird, verschwindend kleine Kompression bei höherer Drehzahl sehr beträchtlich wird.

in der Betriebssicherheit — zum Teil bedingt durch die bessere Kühlung — zu erkennen. Es kommen noch andere tatsächliche oder eingebildete Gründe hinzu, über die schon bei der Gleichförmigkeit und Ruhe des Ganges gesprochen wurde.

Der wassergekühlte Motor steht auf einer Höhe und Vollkommenheit, die einen großen weiteren Fortschritt — abgesehen von Änderung des Arbeitsprozesses oder Übergang vom Viertakt zum Zweitakt, — unwahrscheinlich erscheinen läßt. Auch alle Konstruktionsvorteile, Stahlzylinder, Blechmäntel usw. sind hier schon wahrgenommen.

Das gleiche kann eigentlich trotz allem nicht vom luftgekühlten Motor gesagt werden. Es kann vielmehr scheinen, als ob eine Verbesserung der Kühlung durch Luft wohl noch möglich wäre. Es soll auf diesen Punkt noch kurz eingegangen werden.

Die Möglichkeit einer Erhöhung des mittleren Drucks der luftgekühlten Motoren, womit auch ihr Betriebsmittelverbrauch innerhalb gewisser Grenzen günstiger würde, würde die Verhältnisse stark verschieben. Voraussetzung wäre größere Wirksamkeit der Luftkühlung. Nicht nur das Eigengewicht der luftgekühlten Motoren würde noch günstiger, sondern auch das Betriebsmittelgewicht.

Die Wärmeabgabe des zu kühlenden Motors erfolgt durch Strahlung und durch Berührung mit dem Kühlmittel. Beim wassergekühlten Motor wird die ausgestrahlte Wärme, ausgenommen die des Kolbenbodens, ebenso wie die durch Berührung abgegebene, vom Kühlmittel aufgenommen und fortgetragen, obwohl das Kühlmittel den Motor nur in verhältnismäßig dünner Schicht umgibt. Beim luftgekühlten Motor wäre eine sehr dicke Schicht von Luft nötig, um die ausgestrahlte Wärme aufzunehmen, sie pflanzt sich also geradlinig von der strahlenden Stelle in den Raum fort, bis ihr in Form eines anderen Körpers ein Hindernis in den Weg gelegt ist, dessen Temperatur sie dann erhöht. Stehen mehrere luftgekühlte Zylinder nebeneinander, die alle die gleiche Temperatur haben, so werden sich nach dem Gesagten die einzelnen Zylinder gegenseitig anstrahlen, die erzielte Kühlwirkung wäre gleich Null. Das trifft bei den meisten luftgekühlten Motoren in gewissem Grade, je nach ihrer gegenseitigen Stellung zu[1]). Ganz besonders ungünstig sind in dieser Hinsicht Motoren, bei denen die Zylinder in zwei Reihen unter V-Stellung angeordnet sind, ebenso, wenn auch nicht in gleichem Maße, Motoren in zwei Sternen hintereinander.

Dabei ist überschlägig die von einem Zylinder ausgestrahlte Wärme etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{8}$ (je nach der Wandtemperatur) derjenigen Wärmemenge, die durch Berührung abgeführt wird, also jedenfalls ein nicht zu vernachlässigender Betrag. Schon eine Verbesserung in dieser Hinsicht ergäbe also einen Gewinn.

Die Wärmeabgabe durch Berührung steigert sich mit der Geschwindigkeit[2]) des Kühlmittels, Tatsachen, die beim wassergekühlten Motor nicht in gleichem

---

[1]) Dem Übelstand könnte sofort abgeholfen werden, wenn man eine Scheidewand zwischen zwei solche Zylinder stellen würde, die die strahlende Wärme der beiden Zylinder von rechts und links aufnimmt und selbst durch den Luftstrom gekühlt wird.

[2]) Die Hütte gibt an, daß bei gleicher Temperatur der zu kühlenden Oberflächen die abgeführten Wärmemengen proportional sind dem Ausdruck $2 + 10\sqrt{v}$, wo v die Geschwindigkeit des Kühlmittels. Für 25 m/s Windgeschwindigkeit ergäbe sich demnach die Zahl 52 für 49 m/sec (ungefähre Umfangsgeschwindigkeit des Gnômemotors) 72.

Maße von Wichtigkeit sind — wenn sie immerhin auch für diesen eine gewisse Rolle spielen — wie beim luftgekühlten.

Denkt man an das Strömungsbild, das um einen in der Luft liegenden Zylinder entsteht, so ergibt sich ohne weiteres, daß die Kühlung des Zylinders an der Vorderseite und den Flanken besser sein wird wie an der Rückseite. Besondere Punkte sind dann je nach der Form des Zylinderkopfes der Übergang des zylindrischen Teils in den Kopfansatz. Je nach der Gestalt des Kopfes wird an ihm eine gute oder schlechte Kühlwirkung zu erwarten sein. Setzt z. B. der Zylinderboden scharf rechteckig an den Lauf an, so wird die vordere Ecke stark, der übrige Boden sehr mäßig gekühlt usw. Die Temperaturunterschiede, die dabei auftreten, sind größer, als man vermuten sollte, und verhalten sich an einzelnen Stellen wie 1 : 2. Vorsprünge usw. an den Zylindern (Zündkerzen, Nocken, Hebelständer), in der Nähe des Zylinders liegende andere Körper (Ansaugrohre, Ventilgestänge usw.) beeinträchtigen unter Umständen die Kühlung benachbarter Teile des Zylinders bedeutend.

Es fragt sich nun, welche Teile des Zylinders in erster Linie einer Kühlung bedürfen, denn diese Teile speziell sollten so liegen, daß ihre Kühlung die denkbar beste wird. Am heißesten wird stets das Auslaßventil, der Kolben und der Zylinderkopf. Betrachtet man eine Ausbildung des Zylinderkopfes, wie sie früher z. B. von Anzani und anderen angewendet wurde[1]), so leuchtet ohne weiteres ein, daß die Kühlung des Auspuffventils sowie der ganzen Ventilkammer die denkbar schlechteste ist. Sie ist erstens schlecht infolge des Umstandes, daß entsprechend der Lage der Kammer und speziell des Auslaßventils der frische Luftstrom kaum an diese Stellen gelangt, sie ist weiterhin deshalb schlecht, weil die gewählte Anordnung bedingt, daß ein Krümmer den Auspuff ablenkt. Dieser Krümmer wird vom Auspuff geheizt und heizt seinerseits den Motorkopf[2]). Auf weitere Einzelheiten dieser ungünstigen Anordnung soll nicht eingegangen werden.

Anzani verlegte später das Auspuffventil in den Zylinderkopf; doch auch da war der Effekt allem Anschein nach nicht befriedigend, denn neuerdings verwendet er eine Anordnung, bei der das Auspuffventil vorn im Luftstrom liegt, das Einlaßventil auf der Rückseite.

Diese Einzelheiten wurden nur angeführt, um auf die Schwierigkeiten, die sich bei nicht genügender Berücksichtigung der Strömungsverhältnisse bieten können, hinzuweisen. Es ist jedenfalls auch diese neueste Anordnung von Anzani noch nicht ideal, und es scheint mir sicher, daß eine weitgehende Verbesserung nur erreicht werden kann, wenn der Konstrukteur eines luftgekühlten Motors mehr auf die tatsächlich sich einstellenden Strömungsvorgänge eingeht[3]). Da das bis heute nur in ganz ungenügender Weise der Fall ist, so scheint eine Verbesserung der Kühlwirkung für luftgekühlte Motoren auch nicht ausgeschlossen.

---

[1]) Sie bestand in einer hinter dem Zylinder in der Luftrichtung angeordneten Ventilkammer mit selbsttätigem Einlaß- und nach der Welle gerichtetem gesteuerten Auslaßventil. Die Kammer hing durch einen Kanal und die Kühlrippen mit dem Zylinder zusammen und war im übrigen ein selbständiger Körper.

[2]) Wo mit der Kühlung gespart werden muß, sollte man bestrebt sein, die Auspuffgase auf möglichst direktem Weg ins Freie zu befördern.

[3]) Daß das bis heute nicht der Fall ist, zeigen ungezählte Einzelheiten an luftgekühlten

Mißlich bleibt die Kühlung des Kolbens, die in der Hauptsache nur durch den Zylinderlauf hindurch erfolgen kann. Da es bei der Kühlung des Zylinderlaufes nicht in erster Linie darauf ankommt, seine Temperatur so niedrig zu halten, daß die Schmierung gewährleistet ist, sondern so niedrig — innerhalb gewisser Grenzen — wie irgend möglich, damit der Zylinderlauf die genügende Kühlung des Kolbens gewährleistet, so scheint es unzweckmäßig, an dem unteren Teil des Zylinderlaufes mit Kühlrippen zu sparen, weil der Zylinderlauf da „nicht heiß" wird. Eine möglichst tiefe Temperatur an dieser Stelle ist ein Gewinn für die Kolbenkühlung, besonders weil gerade in diesem unteren Teil die Kolbengeschwindigkeit gering ist, der Kolben also relativ viel Zeit zur Abkühlung hat.

Da die Kühlwirkung auf Vorder- und Rückseite des Zylinders verschieden ist, so ergibt sich hieraus die Notwendigkeit, die Ausbildung der Kühlrippen auf Vorder- und Rückseite verschieden zu machen. Auch scheint es in manchen Fällen fraglich, ob es in Rücksicht auf den Verlauf der Stromlinien richtig ist, die Kühlrippen durchweg eben zu machen und senkrecht zur Zylinderachse zu stellen, weil damit unter Umständen eine Hemmung der vorbeistreichenden Luft hervorgerufen wird. Vor allem sollten die Teile, die in erster Linie einer ausgiebigen Kühlung bedürfen, so angeordnet und geformt sein, daß sie möglichst allseitig vom Luftstrom umflossen werden. Das sollte auch dann geschehen, wenn mit einer solchen Anordnung gewisse Komplikationen verknüpft sind.

Beim rotierenden Motor ist es sehr schwer, sich eine richtige, ins Einzelne gehende Vorstellung vom Verlauf der Luftströmung um den Zylinder herum zu machen. Es setzen sich zwei Geschwindigkeiten zusammen, die tangentiale des rotierenden Motors und die axial fortschreitende des Flugzeugs bzw. Schraubenstrahls. Da die tangentiale Geschwindigkeit von innen nach außen ständig zunimmt, die axiale konstant ist, ergibt sich eine stetig veränderliche Richtung und Größe für die resultierende Geschwindigkeit und ein jedenfalls ziemlich kompliziertes Strömungsbild. Auch hier scheint sich die Formgebung der Kühlrippen wenig dem zu erwartenden Stromlinienverlauf anzupassen. Jedenfalls kann, da sich aller Wahrscheinlichkeit nach die Strömungsbilder um die einzelnen Zylinder herum zu einem gemeinsamen Strömungsbild kombinieren, der durch die Rotation bedingte Geschwindigkeitszuwachs nicht in vollem Umfang der erhöhten Kühlwirkung zugut geschrieben werden.

Aus diesen Andeutungen geht für mich hervor, daß die Luftkühlung für Motoren noch wesentlicher Verbesserung und Vervollkommnung fähig ist, wenn man sich erst daran wird gewöhnt haben, die Kühlwirkung und konstruktive Formgebung bis ins Detail von aerodynamischen Gesichtspunkten aus zu beurteilen. Es scheint dabei nicht ausgeschlossen, daß mit der Verbesserung der Kühlwirkung eine Verringerung der Luftwiderstände Hand in Hand geht.

Motoren, wo scheinbar bei stationären Motoren die Anhäufung möglichst vieler Quadratmeter Kühlrippen das einzige Ziel der Bemühungen bedeutet, ganz ohne Rücksicht darauf, ob diese Kühlrippen überhaupt ihre Aufgabe erfüllen können.

Der Zweitakt.

Unter gewissen Voraussetzungen bedingt der Übergang vom Viertakt zum Zweitakt eine Verringerung des Motorgewichts. Zwar wäre es, von speziellen Fällen abgesehen, unrichtig, wenn man annehmen würde, der Zweitaktmotor würde bei gleichem Gewicht die doppelte Leistung gegenüber dem Viertaktmotor ergeben. Hingegen wird das Gewicht von Pleuelstangen, Gehäuse, Steuerungsteilen usw., bezogen auf die Leistung, halb so groß sein, nicht aber die Gewichte von Kolben und Zylindern. Das rührt daher, daß neben dem Arbeitszylinder ein Pumpenzylinder nötig wird und es nur beim Einzylindermotor und beim Motor mit zwei gegenüberliegenden Zylindern möglich sein wird, die Kolbenrückseite im Verein mit dem Motorgehäuse als Luftpumpe auszubilden. In allen anderen Fällen muß ein besonderer Pumpenzylinder und Pumpenkolben angefügt werden. In der Regel geschieht das in der Art, daß der Arbeitskolben als Stufenkolben ausgebildet wird.

Es fragt sich, ob bei einem Zweitaktmotor die Kühlung größere oder geringere Schwierigkeiten macht wie bei einem Viertaktmotor. Die Temperaturverhältnisse beim Expansionshub und beim Kompressionshub sind im Großen und Ganzen die gleichen. Beim Viertakt ist außerdem noch vorhanden ein Ladehub und ein Auspuffhub. Der Ladehub hat die niedersten, der Auspuffhub die zweithöchsten Temperaturen, beide kämen beim Zweitakt in Wegfall, so daß also bei ihm mit einer etwas höheren mittleren Temperatur zu rechnen wäre. Dafür aber findet eine Ausspülung des Zylinders statt, so daß, wenn diese Ausspülung gut ist, der Kompressionshub mit etwas niedrigerer Temperatur beginnt wie beim Viertakt. Es werden sonach die Anforderungen, die man an die Kühlung zu stellen hat, ungefähr dieselben sein wie beim Viertakt.

Die Kühlung des Kolbens kommt im allgemeinen der beim Viertakt gleich. Sie mag etwas besser sein, wenn die Kolbenrückseite als Pumpenzylinder arbeitet. Ist ein Stufenkolben verwendet, so wird zwar ein Teil des Kolbens von Frischluft beim Expansionshub umspült, dafür aber liegt eben dieser Teil des Kolbens nicht an der kühlenden Zylinderwand an. Auf den Nachteil, der damit verbunden ist, daß die Frischluft zur Kühlung dient, ist schon hingewiesen.

Der erreichbare mittlere Druck scheint im ersten Moment bei sonst gleichen Verhältnissen nicht von dem beim Viertakt verschieden zu sein. Es ist aber zu berücksichtigen, daß am Hubende jedenfalls ungünstigere Verhältnisse vorliegen, insofern als der Teil des Hubs, der während der Ausspülung zurückgelegt wird, ohne Arbeitsgewinn verläuft. Ferner ist zu berücksichtigen, daß die Luftpumpe im Interesse einer guten Ausspülung eine größere Luftmenge ansaugen und vorkomprimieren muß, als dem Hubvolumen entspricht; das bedingt einen gewissen Arbeitsaufwand, der den mittleren verfügbaren Arbeitsdruck verkleinert. Andererseits ist bei guter Ausspülung die Füllung mit frischem Gemisch vollkommener als beim Viertaktmotor, so daß in dieser Hinsicht eine bessere Ausnutzung des Hubvolumens zu erwarten wäre. Es überwiegen aber doch die zuerst genannten Einflüsse, so daß tatsächlich praktisch mit einem geringeren mittleren Druck gegenüber dem Viertaktmotor zu rechnen ist[1]).

---

[1]) Als Beispiel kann der Laviator-Motor dienen, der bei Wasserkühlung einen mittleren

Abgesehen von dem durch den niedrigeren mittleren Druck bedingten verhältnismäßig ungünstigen Brennstoffverbrauch kommt hinzu, daß die notwendige Ausspülung des Motors kaum so genau getroffen werden kann, daß nicht ein Teil des frischen Gemischs mit durch den Auspuff entweicht, so daß hierdurch weiterhin eine, wenn auch geringe Erhöhung des Benzinverbrauchs zu erwarten ist.

Am einfachsten wird der Aufbau des Zweitaktmotors, aber auch am primitivsten, wenn man Ein- und Auslaß durch den Kolben steuert, wie das bei der Ausführung von Grade und dem Laviator-Motor der Fall ist. Eine solche Anordnung hat manches Bestechende durch die denkbar geringste Menge von beweglichen Teilen an der Maschine, was bis zu einem gewissen Grade die Betriebssicherheit erhöht, man muß aber dann eine verhältnismäßig unvollkommene Ausspülung in Kauf nehmen. Auf den Zusammenhang von Einfachheit und Betriebssicherheit ist schon an anderer Stelle hingewiesen.

Einlaß und Auslaß stehen sich so bei tiefster Kolbenstellung offen gegenüber. Damit die Luft nicht direkt vom Einlaß zum Auslaß durchbläst, sondern vielmehr eine gute Ausspülung durch den ganzen Zylinder hindurch eintritt, ist auf dem Kolben eine Ablenkschaufel angeordnet[1]).

Im übrigen stehen für die Konstruktion eines Zweitaktmotors prinzipiell alle Wege offen, die im Großgasmotorenbau mit Erfolg beschritten sind, man ist also nicht gezwungen, an der oben beschriebenen Konstruktion festzuhalten, es sind im Gegenteil solche denkbar, die, wenn auch nicht mit gleich einfachen Mitteln, gute Resultate ergeben können.

Im Kraftwagenbau hat sich der Zweitaktmotor trotz zahlreicher Versuche nicht einführen können. Die Mängel, die ihm hier vorgeworfen wurden, und die sicher tatsächlich bestehen, d. i. seine geringe Elastizität, spielen im Flugzeugbau, wo mit einer innerhalb kurzer Zeiträume stark veränderlichen Motorleistung nicht zu rechnen ist, so gut wie gar keine Rolle. Es ist deshalb keineswegs ausgeschlossen, daß der Zweitakt, wasser- oder luftgekühlt, mit Vorteil für den Bau von Flugzeugmotoren Verwendung finden wird. Bei entsprechender Durchbildung der Konstruktion wird sich mit ihm voraussichtlich eine, wenn auch nicht allzugroße, Gewichtsersparnis erreichen lassen. Bei Verzicht auf größte Einfachheit wird er auch einen Betriebsmittelverbrauch aufweisen können, der mit dem Verbrauch anderer Motoren in erfolgreichen Wettbewerb treten kann.

Wenn bis heute nur eine Form des luftgekühlten Zweitaktmotors im Flugzeugbau Verwendung gefunden hat, so liegt das vermutlich daran, daß im allgemeinen im Fahrzeugmotorenbau nur sehr beschränkte Erfahrungen mit Zweitaktmotoren vorliegen und deshalb jeder Konstrukteur mehr oder weniger vor den noch unbekannten Schwierigkeiten, die sich unter Umständen praktisch ein-

---

Druck von 4,4 bis 4,6 aufweist, bei Luftkühlung einen solchen von weniger als 4,0. Ein Grade-Fahrradmotor von 84,6 mm ⌀ und 86 mm Hub besitzt einen mittleren Druck von 3,1. Diese niederen Drucke sind aber z. T. durch spezielle Konstruktionseinzelheiten bedingt und gelten nicht in vollem Umfang allgemein.

[1]) Diese auf dem Kolben sitzende Schaufel wird beim Arbeitshub jedenfalls sehr heiß, und der Frischluftstrom, der energisch gegen sie bläst, kühlt sie ab, wird aber selbst dadurch warm. Dadurch wird das Gewicht der Füllung (ähnlich wie bei Gnôme) beeinträchtigt, außerdem wird die Höhe der ohne Selbstzündung erreichbaren Kompression dadurch herabgesetzt.

stellen, zurückschreckt, während er beim Bau eines Viertaktmotors ziemlich genau weiß, was er zu erwarten hat, und wie er den auf dem Prüfstand sich zeigenden Unvollkommenheiten zu begegnen hat.

Geringer Betriebsmittelverbrauch.

Ein leichter Motor mit ungeheurem Betriebsstoffverbrauch wird nur für kurze Flüge Verwendung finden können. Je längere Flüge beabsichtigt sind, und je mehr solche Flüge die Regel werden, umsomehr wird der Betriebsmittelverbrauch an Bedeutung gewinnen, umsomehr wird dann andererseits die Bedeutung des Konstruktionsgewichts zurücktreten. Es ist deshalb unmöglich, die Wichtigkeit beider zahlenmäßig ins Verhältnis zu setzen. Nicht nur durch den Einfluß persönlicher subjektiver Meinung, sondern auch infolge der fortschreitenden Entwickelung, der Zunahme der Leistungen, in späterer Zeit vielleicht auch infolge der Größe der Maschinen, die eine unbegrenzte Fahrtdauer ermöglichen würde, wird dieses Verhältnis stets in Fluß bleiben. Eine Grenze wäre in letzter Hinsicht erst erreicht durch die Länge der Strecken, deren Bereisung praktisch für den Verkehr in Betracht kommt.

Vorerst ist der wassergekühlte Motor bezüglich des Betriebsstoffverbrauchs ja weit im Vorteil. Im Hinblick auf die angedeuteten Entwickelungsmöglichkeiten könnte er so unter Umständen für die Zukunft allein in Betracht kommen. Wir leben aber in der Gegenwart und müssen heute und morgen mit den tatsächlichen Verhältnissen rechnen. Berücksichtigt man diese, dann ist der Unterschied im Wert weniger gewaltig.

Es ist auch darauf hingewiesen, daß eine Vervollkommnung des luftgekühlten Motors nicht unmöglich erscheint. Unter Umständen wird durch die Erreichung einer solchen Vervollkommnung das Bild vollständig geändert. Jedenfalls wäre es nicht zweckmäßig, wenn man bei uns zu dem Glauben käme, die Frage „Wasser- oder Luftkühlung“ sei für Flugmotoren schon heute erledigt. Die große Wertschätzung, die der luftgekühlte Motor — rotierend und stationär, vor allem aber rotierend — anderwärts genießt, muß uns zu denken geben.

Der luftgekühlte Motor hat unleugbare große Vorteile, er hat ebenso Nachteile, beide gegeneinander abzuwägen, ist sehr schwer, wenn nicht unmöglich. Wir haben im Gegensatz zu anderen Ländern, speziell zu Amerika, im Kraftwagenbau am wassergekühlten Motor gegenüber dem luftgekühlten festgehalten und haben allem Anschein nach damit das Richtige getroffen. Es könnte sein, daß die Verhältnisse im Flugzeugbau ebenso liegen. Immerhin sind die Betriebsbedingungen hier anders und dem luftgekühlten Motor unzweifelhaft günstiger. Noch nicht entfernt sind alle Konstruktionsmöglichkeiten für den luftgekühlten Motor erschöpft und alle denkbaren Vervollkommnungen unter Berücksichtigung der besonderen Verhältnisse erreicht. Solange, bis das geschehen, ist ein abschließendes Urteil unmöglich.

Bis dahin sollte unser Bestreben sein, nicht nur hervorragende und unübertreffbare wassergekühlte Motoren zu bauen, sondern auch luftgekühlte in jeder erreichbaren Vollkommenheit.

Diskussion.

Professor Dr. **Gümbel**-Charlottenburg:

Herr Professor Baumann hat in seinen interessanten und ausführlichen Betrachtungen über Motorsysteme als eine der Hauptforderungen des Flugmotors die Forderung geringen Gewichtes gestellt. Als Mittel, welche dem Konstrukteur zur Verfügung stehen, um das Gewicht des Motors zu reduzieren, hat der Vortragende

1. Erhöhung des mittleren Druckes im Zylinder,
2. Erhöhung der Kolbengeschwindigkeit,

welche entweder durch Erhöhung des Hubes oder durch Erhöhung der Tourenzahl erzielt werden kann, genannt. Da der Vortragende die Tourenzahl des Flugmotors von vornherein als durch die Drehzahl des Propellers bestimmt annahm, verfolgte er leider das letztgenannte meines Erachtens wichtigste und einflußreichste Hilfsmittel zur Erzielung niederen Motorgewichts in seinem Vortrag nicht weiter, weshalb mir einige Worte hierzu gestattet sein mögen.

Bei der Aufgabe der Vereinigung des Motors mit der Schraube wird der Luftschiffbau vor genau dieselbe Frage gestellt, welche im Seeschiffbau, insbesondere bei der Einführung der Dampfturbine zum Schraubenantrieb, sich aufwarf. Es ist interessant, zu beobachten, wie der Luftschiffbau in dieser Frage heute genau die gleichen Wege geht, welche der Seeschiffbau vor ihm bereits gegangen ist. Als zum ersten Male raschlaufende Dampfturbinen zum Schraubenantrieb verwendet wurden, da glaubte man, mit der raschlaufenden Turbine ohne allzu große Einbuße an Wirkungsgrad raschlaufende Schrauben direkt verbinden zu können. Der Erfolg war ein negativer. Der Wirkungsgrad der Turbine war zwar ein guter; der Wirkungsgrad der raschlaufenden Schraube aber derartig gering, daß die Gesamtanlage unbrauchbar wurde. Dies war der Fall z. B. bei dem ersten Parsonsschen Turbinenschiff „Turbinia" und bei dem ersten mit Zoelly-Turbinen ausgerüsteten Versuchsboot der Howaldtswerke. Die so gewonnene Erkenntnis, daß die Tourenzahl einer Schraube nicht beliebig gesteigert werden darf, führte dazu, daß man einen Kompromiß zwischen Turbinendrehungszahl und Schraubenumdrehungszahl schloß. Das Resultat war, daß man eine Turbine erhielt, deren Umdrehungszahl niedriger war, als für ökonomische Ausnutzung des Dampfes wünschenswert, und eine Schraube, deren Umdrehungszahl troz allem Entgegenkommen wesentlich höher lag, als zur Erzielung eines günstigen Wirkungsgrades erforderlich gewesen wäre. Erst in neuerer Zeit hat man es gelernt, durch Einschaltung eines Übersetzungsgetriebes zwischen Turbine und Schraube jedem der beiden Teile die unbedingt notwendige Bewegungsfreiheit zurückzugeben.

Sie wissen, daß man heute bereits hydraulische Übersetzungsgetriebe in dem Föttingertransformator, mit Leistungen von 12—15 000 PS mit Übersetzungsverhältnissen von 1:5 und Zahnradgetriebe bis zu 6000 PS mit Übersetzungsverhältnissen von 1:20 mit vollem Erfolg ausgeführt hat, und ich habe die Überzeugung, daß den Übersetzungsgetrieben in der einen oder anderen

Form die Zukunft des Schraubenantriebes in Verbindung mit Dampfturbinen gehört. Denn durch Verwendung eines Übersetzungsgetriebes ist man in der Lage, der Antriebsmaschine diejenige Umdrehungszahl zu geben, welche vom Gesichtspunkte der Ökonomie oder der Gewichts- oder Raumforderung wünschenswert ist, der Schraube andererseits diejenige Umdrehungszahl und diejenigen Abmessungen, welche für die gegebene Konstruktion des Fahrzeuges den günstigsten Schraubenwirkungsgrad verspricht.

In den ersten beiden Etappen, welche ich für den Seeschiffbau geschildert habe, nämlich der direkten Kupplung des raschlaufenden Motors mit der raschlaufenden Schraube und darauffolgendem Kompromiß der Wahl eines Motors mit für seine Verhältnisse ungünstiger Tourenzahl mit einer Schraube von einer für ihre Verhältnisse ebenso ungünstigen Tourenzahl, befindet sich heute noch der Luftschiffbau und Flugzeugbau, aber ich glaube, auch er wird in dem Dritten, in der Einschaltung eines Übersetzungsgetriebes zwischen raschlaufendem Motor und langsam laufender Schraube seine endgültige Lösung finden.

Was für den Seeschiffbau zur Bemessung einer Schraube gilt, das, glaube ich, darf man auch den Kollegen von der Luft als empfehlenswerte Regel empfehlen, nämlich: Wählt die Schraube im Durchmesser so groß, als es die vorliegenden räumlichen Verhältnisse irgend gestatten, bestimmt zu diesem Durchmesser diejenige Tourenzahl, welche mit günstigstem Wirkungsgrad den erforderlichen Schub bei der gewünschten Geschwindigkeit ergibt. Hat man ein Übersetzungsgetriebe, so darf man weiter sagen: Nunmehr wählt die Tourenzahl des Motors so hoch, als sie irgend mit Rücksicht auf die Betriebssicherheit und Lebensdauer gewählt werden darf, und verbindet beide, Motor und Schraube, durch ein geeignetes Übersetzungsgetriebe.

Als solches kommt für Flugzeuge in erster Linie das in Öl laufende, evtl. mit Preßöl geschmierte Zahnradgetriebe in Frage. Solche Zahnradgetriebe lassen sich mit Wirkungsgraden von 98% unschwer ausführen, mit absoluter Betriebssicherheit bei nur unbedeutender Gewichtszugabe. Bedenkt man, daß raschlaufende Luftpropeller mit Steigungsverhältnissen von 0,2 bis 0,6 einen Wirkungsgrad von nur 30 bis 50% besitzen, mit zweckmäßiger Tourenzahl konstruierte Propeller dagegen bei Steigungsverhältnissen von 0,8 bis 1,2 unschwer Wirkungsgrade von 60 bis 70% erreichen, so erkennt man, daß die Verwendung des Übersetzungsgetriebes eine Leistungsreduktion des Motors auf die Hälfte bis zwei Drittel gestattet. Dementsprechend sinkt das Gewicht des mitzunehmenden Brennstoffs und das Gewicht des in der Leistung reduzierten und in der Tourenzahl erhöhten Motors. Auf der anderen Seite steht lediglich als Mehrgewicht das Gewicht des Übersetzungsgetriebes und das Mehrgewicht der Schraube.

Ich möchte nicht verfehlen, einmal auf die hier sich wieder ergebende Gleichheit der Aufgaben des Luftschiffbaues und Seeschiffbaues hinzuweisen, zum andern auf das Reduktionsgetriebe als Mittel zur Verringerung des Gewichtes von Flugfahrzeugen und Flugmotoren in Ergänzung der Ausführung des Herrn Vortragenden hinzuweisen.

Professor Dr. **Bendemann**-Adlershof:

Herr Baumann hat ausgesprochen, daß die Gattung der wassergekühlten Motoren heute kaum noch wesentlicher Verbesserungen fähig erscheint. Dem kann man wohl beipflichten, insoweit man die eigentliche Konstruktion der Motoren an sich im Auge hat. Sehr verbesserungsfähig sind aber noch zahlreiche Zubehörteile, besonders die Vergaser, ferner die Verbindungsleitungen usw. sowie die Kühler. Die meisten Störungen gehen heute von diesen Nebenteilen aus. Die Motorkonstrukteure sollten mit darauf hinarbeiten, daß die zum Einbau des Motors gehörigen Teile, für die sie sich bisher zu wenig verantwortlich fühlen, einfacher und zuverlässiger werden.

Auf die Ausführungen des Herrn Gümbel ist festzustellen, daß der Vorteil einer Übersetzung des Propellers ins Langsame im Flugmaschinenbau längst genau bekannt und vielfach beachtet worden ist (Wright, Blériot, Dorner und viele andere). Man ist aber im Interesse möglichster Einfachheit fast ganz davon abgekommen. M. E. mit Unrecht. Ich habe schon oft auf den großen französischen Kriegsflugzeug-Wettbewerb von 1911 hingewiesen, wo die sehr schweren Bedingungen (300 kg Nutzlast, Betriebsstoffe für 300 km, dabei Steigvermögen 500 m in 15 Minuten) von 10 Maschinen bestanden wurden, davon 7 mit 100- bzw. 140-PS.-Gnome- und 3 mit 70-PS.-Standmotoren. Diese 3 hatten sämtlich eine Propellerübersetzung ins Langsame. Mit direkt gekuppeltem Propeller hätten die 70 PS. sicher nichts ausgerichtet. Man sieht, wieviel da zu gewinnen ist.

Fabrikant A. **Euler**-Frankfurt a. M.:

Bei den Differenzgewichten, welche hier von Herrn Professor Baumann ins Auge gefaßt worden sind, möchte ich doch darauf hinweisen dürfen, daß es sich keineswegs nur um ein Differenzgewicht von 50 kg handelt, wenn man von stationären, stehend arbeitenden und von rotierenden Motoren spricht. Die Gewichtsdifferenz stellt sich folgendermaßen:

Ein 100-PS-Mercedes-Motor wiegt nackt	227 kg
für den Kühler rechne ich	30 „
für das Wasser	25 „
Das Mehrgewicht, welches entsteht durch die durch das oben gesagte Gewicht erforderlich werdenden größeren Querschnitte in den einzelnen Flugmaschinenteilen, rechne ich bei Verwendung eines stationären Motors auf	60 „
in Summa rund	340 kg
Ein 80-PS-Gnome-Motor wiegt komplett	90 „
mithin beträgt das Mehrgewicht rund	250 kg

Über ein solch hohes Mehrgewicht ist doch nicht so leicht hinwegzugehen, wenn wir berücksichtigen, daß wir vor vier Jahren noch unsere Schlüssel, Portemonnaies usw. aus der Tasche genommen haben, um, wenn wir es uns vielleicht

auch nur einbildeten, besser fliegen zu können, und wenn man diesem Mehrgewicht gegenüberstellt, daß eine moderne Flugmaschine mit einem 70-PS-Gnome-Motor überhaupt nur 260 kg wiegt, so muß man sagen, daß man dieses Mehrgewicht vielleicht doch nicht so leicht nehmen sollte, denn die Erfolge unserer westlichen Nachbarn zeigen uns ja am besten, was mit diesen Gewichtsdifferenzen an Flugleistungen mehr zu erreichen ist.

Der Weltrekord, welchen die Franzosen inne haben, steht auf etwa 14 Stunden, während unsere Höchstleistung auf etwas mehr als 6 Stunden steht.

Dabei ist noch zu erwähnen, daß diese Höchstleistung von 14 Stunden ohne Zwischenlandung mit einem 50 PS rotierenden Motor geleistet ist, während unsere 6-Stundenleistung mit einem 80/90-PS-Motor vollbracht ist.

Die außerordentlich großen Unterschiede zwischen unseren Leistungen und den Leistungen unserer westlichen Nachbarn sind eben hauptsächlich auf das außerordentlich hohe Eigengewicht unserer Flugmaschinen zurückzuführen und dieses wiederum auf das außerordentlich hohe Eigengewicht der von uns verwendeten schwereren Motoren.

Denn das ist doch nicht wegzuleugnen, daß tatsächlich die Flugmaschine, welche 14 Stunden flog, die Betriebsstoffe für diese 14 Stunden mitgenommen haben muß.

Es ist dies nun aber nicht eine Ausnahmeleistung, sondern es sind meines Wissens wenigstens 7 bis 8 amtlich kontrollierte Leistungen in Frankreich vorhanden, die über 9 Stunden ununterbrochene Dauer gehen.

Professor Dr. **Bendemann**-Adlershof:

Über die Lebensdauer der Gnomemotoren hört man merkwürdig verschiedene Urteile! Ich möchte die Entwicklung der Rotationsmotoren in Deutschland keineswegs hintanstellen! Im Gegenteil: ich hoffe sehr, daß man ihre Lebensdauer steigern und ihre Verbrauchszahlen herabdrücken wird. Dann wird ihre Überlegenheit entschieden sein. Einstweilen ist sie es aber noch nicht. Herr Euler rechnet mit viel zu ungünstigen Zahlen für den wassergekühlten Motor. Ich habe bei unserem Kaiserpreis-Wettbewerb die Verhältnisse genauer geprüft und fuße bezüglich der Verbrauchszahlen des Gnome auf den ganz einwandfreien und unverdächtigen Ergebnissen des letzten französischen Motorwettbewerbs, wo man den Gnome sicher nicht zu ungünstig hat abschneiden lassen.

Herrn Euler gegenüber möchte ich auf diese Leistungen der Standmotoren hinweisen. Es ist nicht richtig, daß die heutigen Umlaufmotoren den feststehenden so sehr weit überlegen seien. Die von ihm vorgerechneten Gewichtsersparnisse am Aufbau der Maschine werden zum großen Teil illusorisch, wenn man bedenkt, daß der Rotationsmotor wegen seines hohen Benzin- und Ölverbrauchs einen fast doppelt so schweren Betriebsmittelvorrat mitnehmen muß als der wassergekühlte Standmotor für die gleiche Zeit. Nach den bisherigen Ergebnissen ist das Gesamtgewicht der Gnomemotoren, wenn man die anfangs mitzunehmenden Vorräte mitrechnet, schon vom dreistündigen Fluge an höher als bei einem der besseren deutschen Standmotoren.

Fabrikant **A. Euler**-Frankfurt a. M.:

Auch der Betriebsstoffeverbrauch steht nicht so zuungunsten des rotierenden Motors, wie von Herrn Professor Bendemann gesagt worden ist, daß z. B. der Gnomemotor doppelt so viel Benzin brauche wie ein stationärer Motor.

Demgegenüber kann ich sagen, daß ein 80-PS-Gnome-Motor, welcher z. B. die militärischerseits geforderten Bedingungen ebenso gut und besser erfüllt wie ein stationärer Motor von 100 PS, also im Endergebnis ebenso leistungsfähig und leistungsfähiger ist wie ein stationärer Motor, pro Stunde 27 Liter Benzin verbraucht, während ein 90/100-PS-Argus- oder Mercedes-Motor wenigstens 35 Liter Benzin verbraucht; demzufolge ist der Benzinverbrauch eher geringer wie größer.

Der Ölverbrauch ist allerdings etwas größer bei rotierenden wie bei stationären Motoren, aber daraus entsteht keine so große Gewichtsdifferenz, daß man sagen könne, daß dadurch die Verwendung des rotierenden Motors weniger vorteilhaft wäre.

Professor **Baumann**-Stuttgart:

Zu den Ausführungen von Herrn Euler möchte ich sagen, daß die von mir angegebenen 50 kg eine ganz beliebig gewählte Zahl darstellen sollen und nicht die Gewichtsersparnis eines luftgekühlten Motors gegenüber einem wassergekühlten. Er tut mir also unrecht, wenn er sagt, ich gäbe diese Ersparnis zu niedrig an, wenn ich auch auf der andern Seite finde, daß er diese Ersparnis sehr reichlich in Rechnung setzt.

Sodann muß ich aber feststellen, daß es mir nicht erinnerlich ist, an irgendeiner Stelle gesagt oder geschrieben zu haben, daß die wassergekühlten Motoren zur Aufrechterhaltung des Betriebes nur Wasser nötig hätten. Ich wüßte wirklich nicht, wie ich zu einer solchen Behauptung käme.

Ein Apparat zur Untersuchung der Windstruktur (Anemoklinograph) der Siemens & Halske-A. G.

Von

H. Gerdien-Berlin.

Das Studium der Luftströmungen in der Atmosphäre war bis vor kurzem an den meisten Beobachtungsstationen auf die Messung und Registrierung der Windgeschwindigkeit und Windrichtung beschränkt. Man legte bei diesen Untersuchungen den Hauptwert darauf, sich einen allgemeinen Überblick zu verschaffen über den räumlichen und zeitlichen Verlauf dieses Elements. Den Bedürfnissen dieses Beobachtungsdienstes, dessen Resultate zu Mittelwerten über größere Zeiträume verarbeitet wurden, genügte das übliche Instrumentarium. Dieses wurde auch den Anforderungen der Aerologie angepaßt, als es galt, Windgeschwindigkeiten in der freien Atmosphäre mittels Drachen und Fesselballon zu messen. Erst durch die Methode der Pilotballons wurde die nähere Untersuchung der Windstruktur in der freien Atmosphäre ermöglicht; durch die Aufnahme der Flugbahn eines Pilotballons sind wir in der Lage, den Windvektor nach Größe und Richtung festzulegen. Die Methode versagt jedoch naturgemäß, wenn es sich um die spezielle Aufgabe handelt, die Windstruktur in der Nähe des Bodens zu messen und — was als Grundlage eines eingehenden Studiums unbedingt gefordert werden muß — zu registrieren.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, ein hierfür geeignetes Instrument zu schaffen, doch sind die darauf gerichteten Bemühungen, soweit mir bekannt ist, nicht über das Versuchsstadium hinausgekommen. Ernstliche Anstrengungen erfolgten wohl erst, als die Entwicklung der Flugtechnik gebieterisch dazu zwang, eine Lösung dieser Aufgabe zu finden. So ist auch dieses Instrument, welches ich heute die Ehre habe Ihnen vorzuführen, aus einem Bedürfnis der Praxis hervorgegangen.

In der Zeit, die dem Flüggewerden des Siemens-Schuckert-Luftschiffes voranging, entstand die Aufgabe, die Windverhältnisse in der Nähe der drehbaren Halle in Biesdorf, welche diesem Luftschiff als Hafen diente, zu untersuchen. Ich habe auf Anregung des Herrn Geh. Reg.-Rat Dr. ing. Wilhelm v. Siemens diese Aufgabe in Angriff genommen und sie gemeinsam mit Herrn Dr. Holm bearbeitet.

Die gebräuchlichen Instrumente zur Messung der Windgeschwindigkeit, welche zumeist auf dem Prinzip des Schalenkreuz- oder Flügel-Anemometers beruhen, sind in der gegenwärtigen Form ungeeignet für Momentanmessungen und dürften sich auch schwerlich so modifizieren lassen, daß sie eine hinreichend kleine Einstellzeit erreichen, da sie von bewegten Teilen Gebrauch machen, die aus Rück-

sicht auf die Festigkeit nicht in erwünschtem Grade masse- und trägheitsfrei hergestellt werden können.

Man mußte also darauf ausgehen, die bewegten Teile wenigstens bei der Messung der Windgeschwindigkeit auf ein Minimum zu reduzieren. Dieses schien erreichbar durch die Vereinigung von zwei Meßprinzipien, die einzeln, wenn auch nicht in der gegenwärtigen Ausgestaltung, schon längere Zeit bekannt sind. Ich meine erstens das Prinzip der Staudruckmessung, welches besonders in den Kreisen der Lüftungstechniker viel verwendet wird, bei welchem man die Messung der Luftgeschwindigkeit auf die Messung des Staudrucks oder des kombinierten Stau- und Saugdruckes an einem geeignet geformten, in den Luftstrom eingeführten Staukörper zurückführt.

Ich meine zweitens das weniger bekannte Prinzip, nach welchem man die Geschwindigkeit eines Gasstromes aus der Kühlwirkung beurteilen kann, welche dieser auf einen elektrisch geheizten Draht ausübt, indem man die Änderung des elektrischen Widerstandes oder ähnlicher elektrischer Größen zur Messung der Gasgeschwindigkeit heranzieht. Durch die Verwendung des zweiten Prinzips wird es insbesondere möglich, einer Anforderung zu genügen, welche uns neben der Erreichung einer kleinen Einstellzeit gestellt war: der Fernanzeige und Fernregistrierung.

Es ist vielleicht zweckmäßig, das Gesagte durch einen einfachen Versuch zu veranschaulichen[1]). Wir haben hier einen dünnen Platindraht zwischen zwei Klemmen ausgespannt und heizen ihn durch einen elektrischen Strom, der durch zwei Leitungsdrähte einem Strommesser an der anderen Seite des Tisches zugeführt wird; sobald wir hier in der Nähe des Drahtes etwas Luftbewegung erzeugen, zeigt das Strominstrument dort starke Schwankungen an, entsprechend den Luftstößen, welche den Draht treffen. Bei jedem Luftstoß wird der Draht abgekühlt, sein elektrischer Widerstand sinkt entsprechend der niedrigeren Temperatur, und die Stromstärke steigt entsprechend.

Wollte man daran gehen, diese Anordnung unmittelbar zu einer quantitativ wirkenden Meßvorrichtung zu entwickeln, so würde man auf erhebliche Schwierigkeiten stoßen. Erstens ist ein einfacher sehr dünner Draht, der ungeschützt der Luftströmung ausgesetzt wird, ein sehr leicht verletzbares Gebilde; er ist aber auch für Meßzwecke wenig geeignet, da schon sehr kleine Luftgeschwindigkeiten genügen, ihn praktisch auf die Temperatur der Luft abzukühlen — eine weitere Zunahme der Geschwindigkeit also der Messung entgehen würde. Andererseits ist die ganze Anordnung noch stark von der Lufttemperatur selbst abhängig, da ja der Widerstand des Drahtes und damit die ganze Skala des Instrumentes von der Lufttemperatur abhängt.

Diese und andere Schwierigkeiten sind bei dem vorliegenden Instrument durch folgende Maßnahmen überwunden:

Der Hitzdraht wird nicht unmittelbar der zu messenden Luftströmung ausgesetzt; er befindet sich vielmehr innerhalb eines geschlossenen Metallgehäuses. Es wird ferner nicht mehr die Kühlwirkung auf einen einzigen Draht ausgeübt,

---

[1]) Siehe Anmerkungen und Bilder Seite 74.

sondern es werden innerhalb des gleichen Gehäuses zwei Hitzdrahtsysteme[2]) in vollkommenster Symmetrie angeordnet, von denen das eine zunächst vom Luftstrom getroffene stärker gekühlt wird als das zweite, dahinterliegende; nur die Differenz der Widerstandsänderungen beider Systeme gelangt zur Messung. Durch diese Differentialschaltung wird ein wesentlicher Teil des Temperatureinflusses beseitigt. Der Rest des Temperatureinflusses wird durch eine besondere Kompensation, auf welche wir noch zurückkommen werden, unschädlich gemacht.

Der angedeutete Hitzdrahtapparat ist nun mit dem Staudruckgerät in folgender Weise kombiniert.

Von der Vorder- und Rückseite des Staugerätes[3]) führen Röhren zu dem Metallgehäuse des Hitzdrahtapparates, derart, daß unter der Stau- und Saugwirkung des Windes ein schwacher Luftstrom durch den Apparat mit den in seinem Innern ausgespannten Hitzdrahtsystemen getrieben wird. Dieser Luftstrom ist durch eine in das Röhrensystem eingebaute Drosselvorrichtung selbst für die größten vorkommenden Windstärken auf wenige Kubikzentimeter in der Sekunde abgedrosselt. Seine Geschwindigkeit ist innerhalb des hier benutzten Bereiches dem Staudrucke proportional. Da dieser mit dem Quadrat der Windgeschwindigkeit wächst, ergibt sich ein einfacher Zusammenhang für die Luftgeschwindigkeit außerhalb und innerhalb des Apparates. Nennen wir die erstere G, die letztere v, so ist G^2 = konst. v. Die Konstante ist außer von der Form des Staugerätes von dem durch die Drosselvorrichtung einstellbaren Strömungswiderstand des Röhrensystems abhängig.

Wir haben also gewissermaßen statt der gebräuchlichen statischen Staudruckmessung mit Staukörper und Manometer eine dynamische Staudruckmessung mit Staukörper und Hitzdrahtapparat.

Um die Leistungsfähigkeit des Apparates genauer zu beschreiben, müssen wir jetzt etwas näher auf die konstruktiven Einzelheiten eingehen.

Als Staugerät benutzen wir auf Grund ausgedehnter Versuche eine Stauscheibe mit verhältnismäßig hohem Rande, bei welcher die Meßröhren beiderseits symmetrisch verlegt sind und ihre Öffnungen gegen die Stauscheibe kehren. Diese Anordnung[4]) hat den Vorzug, daß sie bis zu Winkelabweichungen von 25° der Windrichtung gegen die Scheibennormale nur etwa 1 % Abweichung der gemessenen Windgeschwindigkeit von dem richtigen Wert ergibt. Es wird also durch eine recht mangelhafte Einstellung der Stauscheibe auf die Windrichtung nur ein unmerklicher Fehler in der Geschwindigkeitsmessung verursacht. Von der Stauscheibe[5]) führen die Anschlußröhren zunächst vertikal nach oben, um ein Eindringen von Niederschlägen zu verhindern. Sie laufen dann zu dem eigentlichen Hitzdrahtapparat, der hier unter einem doppelten Strahlungsschutz aus blankem Nickelblech untergebracht ist. Der Eintritt und Austritt des Luftstromes in den Apparat erfolgt durch Düsen, welche eine homogene Geschwindigkeitsverteilung in seinem Innern gewährleisten. In der Eintrittsdüse ist die erwähnte Drosselvorrichtung untergebracht.

Im Innern des Apparates[6]), der einen schmalen rechteckigen Querschnitt für den Durchtritt des Luftstromes freiläßt, sind die Hitzdrahtsysteme ausgespannt. Sie bestehen aus 0,04 mm dickem Platindraht, der in Zickzackwindungen zwischen

federnden Haltern ausgespannt ist. Die Drahtwindungen bleiben infolge ihrer federnden Befestigung stets unbeeinflußt von den durch Temperaturschwankungen bedingten Längenänderungen genau in der Symmetrieebene des Apparates, wodurch es allein möglich wird, an den durch den Heizstrom um rund 50° über die Lufttemperatur erwärmten Drähten Präzisionsmessungen des Widerstandes vorzunehmen.

Die beiden Hitzdrahtsysteme sind mit zwei gleichen unveränderlichen Widerständen zu einer Wheatstoneschen[7]) Brückenschaltung vereinigt; das Brückengalvanometer wird, nachdem die Brücke abgeglichen ist, unmittelbar in Windgeschwindigkeiten geeicht.

Eine solche Eichkurve zeigt das folgende Bild[8]).

Durch das Zusammenwirken des für den Zusammenhang der Windgeschwindigkeit mit dem Staudruck geltenden quadratischen Gesetzes und der für die Strömungsgeschwindigkeit im Apparat und den Ausschlag des Brückeninstrumentes geltenden Beziehung[9]), auf welche hier nicht näher eingegangen werden kann, wird eine Eichkurve erhalten, welche für ein erhebliches Stück der Skala angenähert Proportionalität der Ausschlagsänderung mit der Windgeschwindigkeitsänderung ergibt.

Das Brückeninstrument dient zugleich nach Umlegen eines Schalthebels zur Kontrolle des Heizstromes, der normalerweise etwa 1/10 Ampere beträgt.

Der Apparat ist an sich, wie wir schon sahen, temperaturabhängig[10]). Der Einfluß der Temperatur rührt her teils von der Änderung der Dichte der Luft mit der Temperatur, wodurch der Staudruck für eine bestimmte Geschwindigkeit von der Temperatur abhängig wird. Andererseits sind auch der Strömungswiderstand der Luft in dem Röhrensystem und der elektrische Teil der Vorrichtung temperaturabhängig. Alle diese Einwirkungen der Temperatur haben wir durch eine besondere Kompensation beseitigt, welche mit der schon mehrfach erwähnten Drosselvorrichtung vereinigt ist. Diese besteht aus einer ebenen Ventilplatte[11]), die in kleinem Abstande über der Ventilöffnung in einer ebenen Grundplatte gehalten wird. Die Dimensionen sind so gewählt, daß der Widerstand, den das ganze Röhrensystem mit dem Hitzdrahtapparat dem Durchtritt der Luft entgegensetzt, klein ist gegen den Widerstand des Drosselventils. Es sind also auch Änderungen des Widerstandes in dem Röhrensystem, die durch Staubablagerung verursacht werden, unschädlich, solange der Widerstand der Drosselvorrichtung unverändert bleibt. Letztere ist nun durch ihre Konstruktion, welche gerade an den Stellen höchsten Widerstandes auch die höchsten Geschwindigkeiten zustande kommen läßt, vor dem Verschmutzen[12]) geschützt und kann übrigens leicht kontrolliert werden. Zum Zwecke der Temperatur-Kompensation ist nun die Ventilplatte mit einem Bimetall-System verbunden, welches den Abstand der Ventilplatte von der Grundplatte genau so reguliert, daß der Einfluß der Temperatur auf die Geschwindigkeitsmessung herausfällt.

Wir müssen nun noch auf die Genauigkeit der Messung und die Einstellzeit des Apparates eingehen. Der elektrische Teil der Vorrichtung würde eine sehr hohe Meßgenauigkeit zulassen; die bekannten Schwierigkeiten, welche mit der Eichung eines Staugerätes verknüpft sind, legen den Genauigkeitsgrad der Eichung

auf etwa 1% fest. Das bezieht sich natürlich auf die Bestimmung der Apparatkonstanten, während die Ablesung des Instruments mit einer noch etwas höheren Genauigkeit möglich ist.

Die erreichte Meßgenauigkeit ist jedoch weitaus genügend, wie sofort einleuchtet, wenn man den Charakter der zu messenden Größen berücksichtigt; bei den schnellen Änderungen, denen die Windgeschwindigkeit unterliegt, ist eine höhere Genauigkeit vorläufig gar nicht erwünscht. Es muß vielmehr Wert darauf gelegt werden, daß das Instrument fähig ist, mit seiner Anzeige schnellen Änderungen der Geschwindigkeit zu folgen.

Dieser Anforderung wird in der Tat in weitgehender Weise genügt. Das thermische Gleichgewicht zwischen den Hitzdrähten und der strömenden Luft stellt sich, wie besondere Versuche gezeigt haben, innerhalb einer Zeit her, die von der Größenordnung $^1/_{100}$ Sekunde ist. Diese Zeit würde als Einstellzeit des Apparates in Betracht kommen, wenn wir es mit einem einzigen, senkrecht zum Luftstrom ausgespannten Drahte zu tun hätten; tatsächlich sind in dem Apparat aus technischen Gründen eine ganze Reihe von Drähten in Zickzackwindungen ausgespannt, so daß eine etwas längere Zeit verstreicht, bis sich die beiden Drahtsysteme mit der strömenden Luft in thermisches Gleichgewicht gesetzt haben. Diese Zeit[13]) beträgt immerhin bei mittleren Windstärken nur einige Zehntel Sekunde. Zu dieser Einstellzeit des Hitzdrahtapparates kommt noch hinzu diejenige des Meßinstruments. Benutzt man die hier aufgestellten Zeigerinstrumente zur Ablesung, so beträgt die Einstellzeit etwa 1 Sekunde, werden jedoch für die Zwecke der Registrierung die bekannten Oszillographen-Meßschleifen verwendet, so kommt praktisch nur die Einstellzeit des Hitzdrahtapparates in Betracht, da diejenige der hier benutzten Meßschleifen etwa $^1/_{50}$ Sekunde beträgt.

Ehe wir weiter auf diese Registriervorrichtung eingehen, wollen wir noch eine andere Kombination des Hitzdrahtapparates mit einem Staugerät besprechen, durch welche die Messung der Windneigung und damit der Vertikal-Komponente der Luftbewegung ermöglicht wird.

Wir hatten uns schon zu Beginn unserer Untersuchungen dieses Problem gestellt, da gerade die Vertikal-Bewegungen in der Nachbarschaft des Biesdorfer Luftschiffhafens von besonderem Interesse sein mußten. Man kann eine einfache und im allgemeinen wohl einwandfreie Lösung finden, wenn man das bei der Messung der Windgeschwindigkeit benutzte Prinzip sinngemäß modifiziert. Man braucht nur statt der gegen Winkelabweichungen der Windrichtung von der Stauscheibennormalen möglichst unempfindlichen Form der Stauscheibe eine solche zu suchen, die gerade eine möglichst große Empfindlichkeit gegen Winkelabweichungen zeigt. Man erhält eine auch anderen praktischen Anforderungen genügende Form, wenn man einen Staukörper verwendet, der gegen die Horizontalebene vollkommen symmetrisch gestaltet und in seinem Vertikalschnitt ähnlich dem Längsschnitt durch ein Parsevalluftschiff geformt ist.

Versieht man diesen Körper nahe vor der Stelle maximaler Dicke mit Öffnungen, von welchen wieder Rohrleitungen zu einem Hitzdrahtapparat führen, so erhält man ein Instrument, das nur Ausschläge zeigt, sobald die Windrichtung von der Horizontalen abweicht. Die Ausschläge sind allerdings nicht allein von

der Windneigung, sondern auch von der Windgeschwindigkeit selbst abhängig. Man braucht aber nur mit dem zuerst beschriebenen Apparat gleichzeitig die Windegeschwindigkeit zu messen, um dann aus einer Tabelle mit zwei Eingängen oder einer Kurvenschar[14]), wie sie dieses Diagramm zeigt, die Windneigung und damit die Vertikalkomponente der Windgeschwindigkeit zu entnehmen.

Um solche Messungen vorzunehmen, haben wir hier bei unserem „Anemoklinographen"[15]) 2 Hitzdrahtapparate unter gemeinsamem Strahlungsschutz um eine vertikale Achse drehbar so eingebaut, daß sie durch diese Windfahne stets auf die Windrichtung eingestellt werden. Der eine Apparat ist mit dieser Stauscheibe zur Messung der Windgeschwindigkeit, der andere mit diesem für Neigungen empfindlichen Staukörper verbunden. Diese beiden Apparate sind durch drehbare Schleifringe und feststehende Schleifstücke elektrisch mit 6 Adern eines Kabels verbunden, welches zu diesen beiden Ableseinstrumenten[16]) führt. Die Zeiger dieser Instrumente lassen sich gleichzeitig durch Druck auf einen Knopf festhalten, wodurch gleichzeitige Ablesungen erhalten werden.

Der Apparat ist ferner mit einer einfachen Vorrichtung ausgestattet, welche die Windrichtung auf elektrischem Wege kontinuierlich an der Skala dieses dritten Instrumentes anzeigt[17]).

Wir haben also in dem „Anemoklinographen" ein Instrument, welches die Momentanwerte der Windgeschwindigkeit, Windneigung und Windrichtung, also alle 3 Komponenten des Windvektors durch Fernanzeige zu messen gestattet.

Bei der schnellen zeitlichen Veränderlichkeit dieses Vektors können naturgemäß Beobachtungen mittels Augenablesung nur ein unvollkommenes Bild der zu beobachtenden Vorgänge liefern. Wir haben daher schon vor 3 Jahren auf Grund der in Biesdorf gesammelten Erfahrungen eine photographische Registriervorrichtung[18]) benutzt, von der wir hier ein inzwischen wesentlich verbessertes Exemplar sehen

Statt der Ableseinstrumente mit Zeiger werden drei Oszillographenschleifen als Strominstrumente benutzt, deren Ausschläge in bekannter Weise mittels von einer kleinen Glühlampe beleuchteten Spiegelchens auf einem gleichmäßig fortbewegten Streifen photographischen Papieres aufgeschrieben werden Der Registrierapparat kann in bequemster Weise gegen die Ableseinstrumente ausgewechselt werden, so daß es jederzeit möglich ist, besonders interessante Windstruktur-Änderungen dauernd festzuhalten. Die Papiergeschwindigkeit kann zwischen 2 mm/Sek. und dem 5fachen Wert eingestellt werden. Es ist auch eine Signalanlage vorgesehen, welche es ermöglicht, von einem entfernten Standorte aus eine Zeitmarke an allen drei Kurven gleichzeitig anzubringen. In dem Registrierapparat können Papierstreifen bis zu 100 m Länge verwendet werden. Das belichtete Papier läuft in einen lichtdichten Kasten hinein, kann nach Ablauf eines beliebig langen Stückes abgeschnitten und sofort entwickelt und fixiert werden.

Einige Kurven, die den Verlauf der Windgeschwindigkeit, -neigung und -richtung darstellen, zeigt das nächste Bild; sie sind mittels eines Apparates aufgenommen, der jetzt im Königl. Aeronautischen Observatorium Lindenberg des Herrn Geh. Rat Aßmann aufgestellt ist.

Ich möchte zum Schluß noch den Anemoklinographen in einem künstlichen Winde vorführen. Wir haben hier ein Gebläse aufgestellt, welches einen Luftstrahl gegen den Apparat schleudert. Hinter dem Gebläse ist eine Richtvorrichtung eingeschaltet, welche es ermöglicht, den Luftstrahl nach oben und unten zu neigen. Sie sehen, wie insbesondere das an den neigungsempfindlichen Staukörper angeschlossene Meßinstrument auch bei schnellen Änderungen im Luftstrahl gut folgt. Wenn ich jetzt künstliche Änderungen der Windgeschwindigkeit erzeuge, so zeigt auch das andere Instrument starke Schwankungen. Ich drehe jetzt den Apparat um die vertikale Achse, und Sie sehen nun die entsprechenden Ausschläge an dem Windrichtungsanzeiger.

Ich darf wohl schließlich noch kurz eingehen auf einige Resultate, die wir mit dem Anemoklinographen bisher erhalten haben.

Wir haben im Jahre 1910 auf dem ebenen Felde, welches die Biesdorfer Halle umgibt, mit 3 auf 12 m hohen Masten befestigten Apparaten beobachtet, von denen 2 nur die Windgeschwindigkeit, einer die Windgeschwindigkeit und Windneigung anzeigte. Die Masten waren transportabel, und es wurde mittels auf dem Felde ausgelegter Kabel von bis zu 150 m Länge Abstand und Orientierung der Masten gegen die Windrichtung verändert.

Es zeigten sich schon in 12 m Höhe über dem ebenen Boden sehr merkliche Vertikalkomponenten der Windgeschwindigkeit.

Diese waren relativ größer an heiteren Tagen mit geringerer als an Tagen mit großer mittlerer Windgeschwindigkeit. Wir konnten ferner durch Verkleinerung des Abstandes zweier Masten bis auf 5 m gelegentlich Wogenbildung mit Wellenlängen bis herab zu etwa 10 m nachweisen. Diese Beobachtungen erstreckten sich aus äußeren Gründen nur über kurze Zeit.

Weit ausgedehntere Beobachtungsreihen hat seither Herr Geh. Rat Aßmann an einem Anemoklinographen gesammelt, der seit Ende des vorigen Jahres im Aeronautischen Observatorium zu Lindenberg aufgestellt ist. Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Geh. Rat Aßmann für mancherlei Anregungen zur weiteren Durchbildung unseres Apparates an dieser Stelle zu danken.

Ich schließe mit dem Wunsche, daß der Anemoklinograph, dessen konstruktive Durchbildung jetzt wohl zu einem gewissen Abschluß gelangt ist, nun auch in den Händen der Flugtechniker bald wertvolles Beobachtungsmaterial liefern möchte.

Figuren und Anmerkungen.

[1]) In der Figur ist die Stromquelle mit B, der Hitzdraht mit D und der Strommesser mit A bezeichnet.

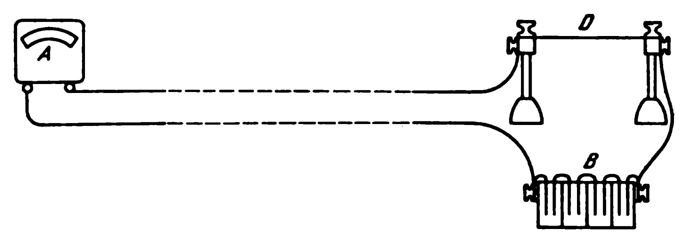


Fig. 1 (zu Anm. 1).

[2]) Für eine präzise Messung ist es unerläßlich, daß die Temperaturänderungen unterworfenen Teile in sehr vollkommener Weise ihre Lage gegeneinander und gegenüber den Kanalwänden beibehalten; im Interesse einer präzisen Momentan-Einstellung des Meßinstruments müssen alle diese Teile möglichst geringe Wärmekapazität haben und dürfen an keiner Stelle in merklichem Wärmeaustausch mit schlechten Wärmeleitern stehen.

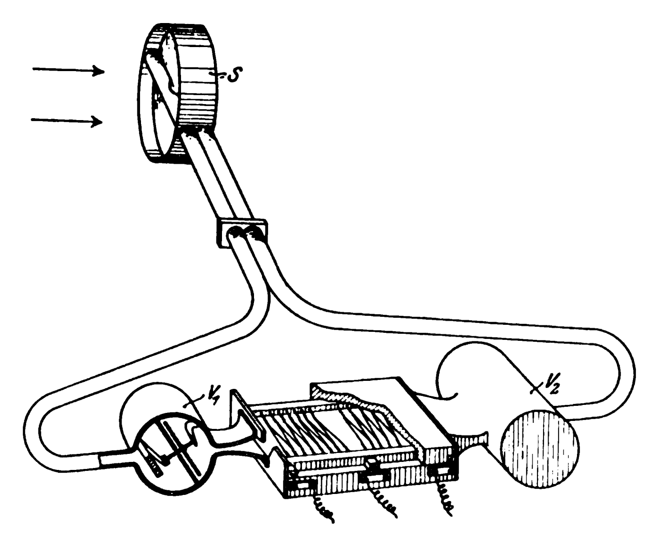


Fig. 2 (zu Anm. 3).

[3]) In der Figur ist S die Stauscheibe, welche durch Rohrleitungen mit den Kammern V_1 und V_2 verbunden ist; zwischen diesen sitzt der Hitzdrahtapparat. V_1 enthält die Drosselvorrichtung.

[4]) Die Änderungen, die der Staudruck und der Saugdruck allein bei Winkelabweichungen erleiden, sind recht beträchtlich, in der Differenz beider, welche hier für die Messung in Betracht kommt, gleichen sich die Änderungen fast vollständig aus bis zu etwa 25^0 Winkelabweichung.

[5]) Wie aus der Figur ersichtlich ist, sind die Anschlußröhren, welche den Hitzdrahtapparat mit der Stauscheibe verbinden, mit relativ weitem Querschnitt ausgestattet. Der in die Drosselvorrichtung verlegte Strömungswiderstand beträgt mindestens das 10 fache des Widerstandes, der in dem ganzen übrigen System vorhanden ist.

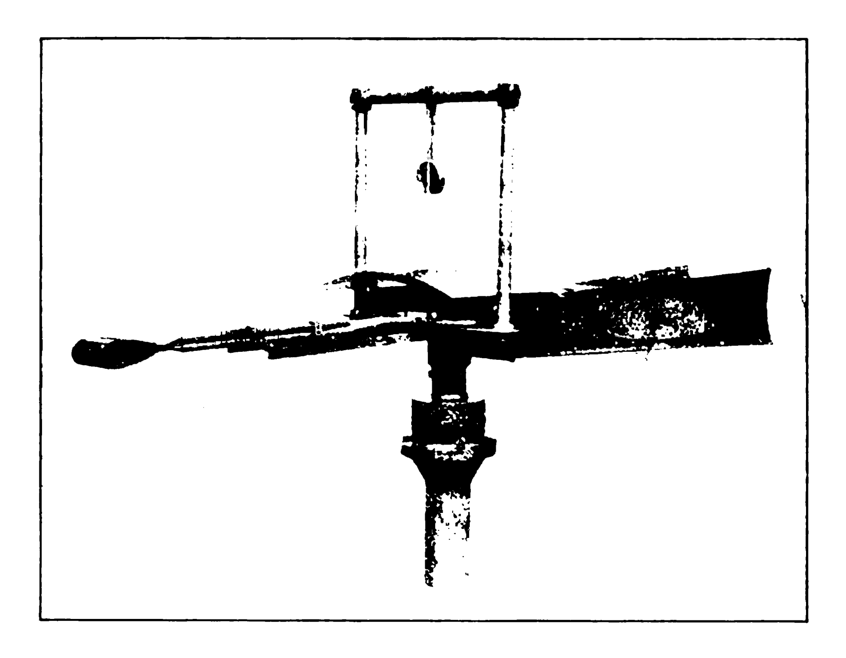


Fig. 3 (zu Anm. 5).

⁶) Die Platindrähte H 1, 2 sind mittels kleiner Wurmfedern w aus Platiniridiumdraht zwischen isolierenden Elfenbeinleisten E ausgespannt. Das Gehäuse des Apparates besteht aus 2 dicken Kupferplatten K_1 und K_2, die auf der Innenseite eben geschliffen, vernickelt und poliert werden.

Ihr Abstand ist durch die planparallelen Kupferleisten L_1, L_2, L_3, L_4 auf 6 mm fixiert.

Die Elfenbeinleisten stützen sich gegen die Führungsleisten F und sind in ihrer Lage zwischen den Kupferplatten justierbar.

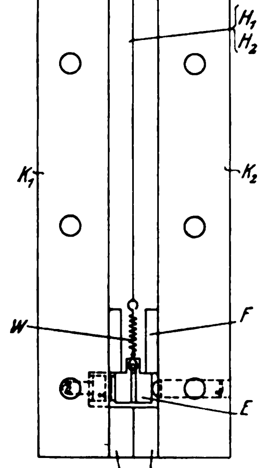


Fig. 4 (zu Anm. 6).

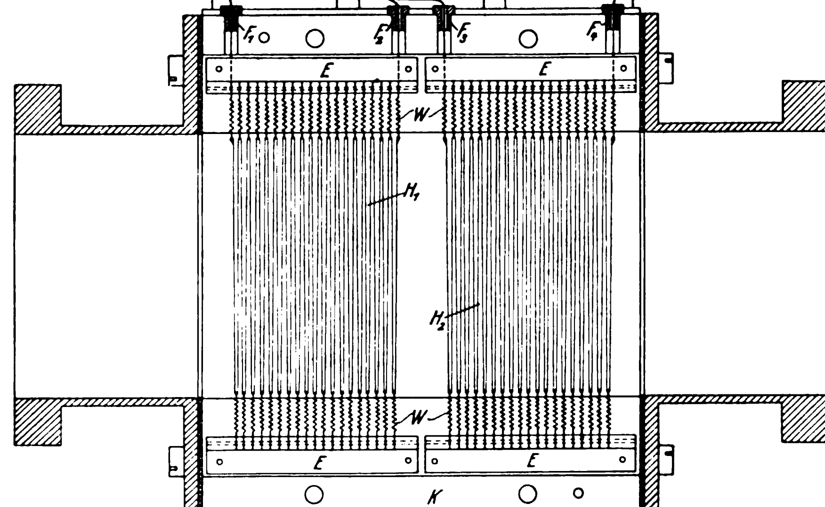


Fig. 4 a (zu Anm. 6).

[7]) In der Figur bezeichnen w_1 und w_2 die Hitzdrahtzweige, w_3 und w_4 die durch einen Schleifdraht S verbundenen konstanten Zweige, B die Stromquelle, w einen Regulierwiderstand, G das Brückengalvanometer.

[8]) Die ausgezogene Kurve der Figur zeigt den Zusammenhang zwischen Windgeschwindigkeit und Ausschlag des Galvanometers, die gestrichelte denjenigen zwischen der Druckdifferenz an der Stauscheibe und dem Ausschlag des Galvanometers.

[9]) Bei kleinen Geschwindigkeiten wird zunächst nur der erste Hitzdrahtzweig merklich gekühlt; bei größeren Geschwindigkeiten zeigt auch der zweite Zweig mehr und mehr Widerstandsabnahme. Der Ausschlag des Galvanometers ist nun der Differenz beider Widerstände proportional, welche sich bei einer gewissen Geschwindigkeit einem Maximum annähert, um dann bei sehr großen Geschwindigkeiten bis auf Null abzunehmen.

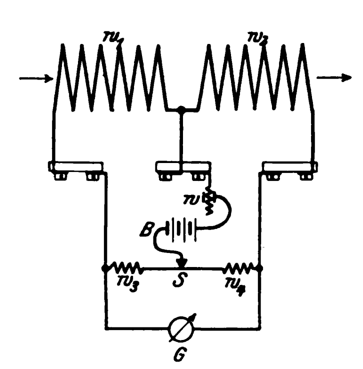


Fig. 5 (zu Anm. 7).

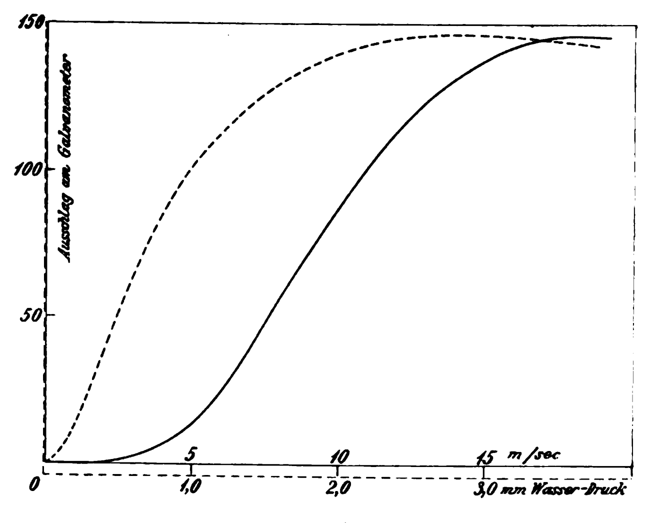


Fig. 6 (zu Anm. 8).

Das zur Verwendung gelangende Meßbereich liegt stets unterhalb des Maximums; durch die mit wachsender Geschwindigkeit bei Annäherung an das Maximum etwas abnehmende Empfindlichkeit der elektrischen Anordnung läßt sich für ein gewisses Bereich der Skala der quadratische Anstieg der Stauscheiben-Empfindlichkeit kompensieren.

[10]) Die Abhängigkeit beträgt für den unkompensierten Apparat etwa — 1,5 %/Grad Celsius; durch die Kompensation wird sie für fast die ganze Skala unter 0,1 %/Grad Celsius herabgedrückt, und zwar besteht eine gute Kompensation innerhalb eines Temperaturbereichs von etwa 40° Celsius. Die Druckabhängigkeit des Apparates ist nicht kompensiert. Beobachtet man bei dem Barometerstand B, so ist die Windangabe mit 760/B zu multiplizieren.

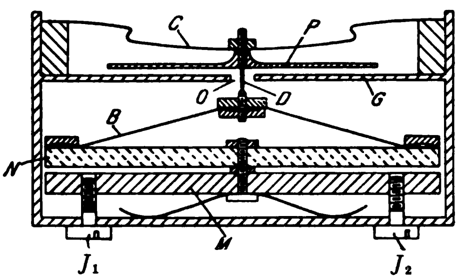


Fig. 7 (zu Anm. 11).

[11]) Die Einzelheiten der Konstruktion sind in Figur 11 schematisch dargestellt.

Ein außen schwach konisch abgedrehtes und nach Art eines Hahnkükens in die Verteilungskammer V_1 (Fig. 3) dicht eingeschliffenes Gehäuse enthält den ganzen Mechanismus und ist mit einer (in der Fig. 11 weggelassenen) Eintrittsöffnung für den Gasstrom versehen; der Austritt des Gases erfolgt durch eine Öffnung O in der Grundplatte G des Ventils.

Das Gas muß von hier aus radial zwischen der Grundplatte und der darüber schwebenden ebenen, kreisrunden Ventilplatte P hindurchströmen, um dann in die Düse einzutreten. Die Ventilplatte wird durch die Feder C von der Grundplatte abgezogen, während sie auf der anderen Seite durch den Stift, welcher das Loch in der Grundplatte zentrisch durchsetzt, mit dem temperaturempfindlichen Element verbunden ist. Letzteres besteht aus dem

dünnen Metallband B und dem starken Nickelstahlbalken N von Uförmigem Querschnitt; das Band ist in der in Fig. 11 ersichtlichen Weise an beiden Enden mit dem Nickelstahlbalken verschraubt und wird durch den in seiner Mitte mit entsprechender Verschraubung angreifenden Stift D gespannt. Der in der Mitte an dem Balken M befestigte Nickelstahlbalken ist mittels der beiden Justierschrauben J_1 und J_2 in seinem Abstand von der Grundplatte G einstellbar.

Bei steigender Temperatur dehnt sich das Metallband B stärker aus als der Nickelstahlbalken N, es folgt also die Ventilplatte P dem Zuge der Feder C und entfernt sich von der Grundplatte, wodurch der Luftwiderstand des Ventils verkleinert wird. Bei sinkender Temperatur zieht das sich zusammenziehende Metallband die Ventilplatte wieder näher an die Grundplatte heran.

Der Abstand, den die Ventilplatte von der Grundplatte bei einer bestimmten Temperatur haben soll — wodurch Empfindlichkeit und Meßbereich des Apparates festgelegt werden — ist mittels der Justierschrauben J_1 und J_2 einstellbar, der Temperaturgang der Ventilbewegung wird durch die Länge und den Durchhang des Metallbandes bestimmt. Die Kräfte, welche von der Feder und dem Bimetall-Mechanismus auf die Ventilplatte ausgeübt werden, sind

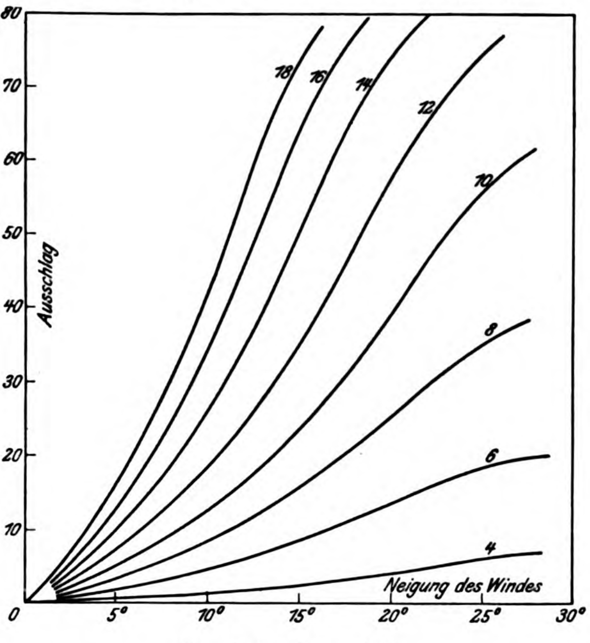


Fig. 8 (zu Anm. 14).



Fig. 9 (zu Anm. 16).

so groß gewählt, daß die Druckkräfte der Luftbewegung sowie auch mäßige Erschütterungen des Apparates die Lage der Ventilplatte nicht in störender Weise beeinflussen.

[12]) Ventilsitz und Ventilplatte sind hochglanz-vernickelt, so daß man nach Herausziehen der Kompensation jedes Staubkörnchen, das sich etwa zwischen den Platten abge-

setzt hat, beim Visieren gegen einen hellen Hintergrund leicht erkennen kann. Tatsächlich sind nach monatelangem Betrieb oft nur einige Körnchen vorhanden, die übrigens den Widerstand des Ventils nur um unmeßbare Beträge ändern.

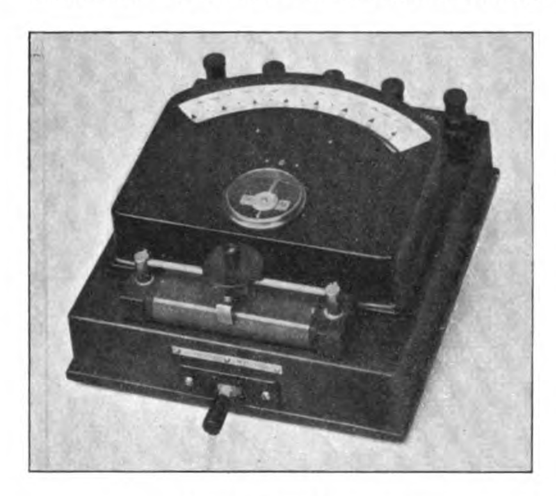


Fig. 10 (zu Anm. 17).

[13]) Diese Zeit ist angenähert gleich derjenigen, welche der Luftstrom im Hitzdrahtapparat braucht, um dessen halbe Länge zu passieren.

[14]) Die Fig. 14 zeigt die nach m/sec. in Windgeschwindigkeit bezeichneten Kurven von 2 zu 2 m/sec.); die Ordinaten sind die Ausschläge des an den neigungsempfindlichen Staukörper angeschlossenen Meßinstruments, die Abszissen geben die gesuchte Windneigung an.

[15]) Vergl. Figur 5.

[16]) Die beiden Meßinstrumente sind in ein gemeinsames Gehäuse eingebaut, welches zugleich die Brückenwiderstände, Regulierwiderstände und Schalter enthält.

[17]) Fig. 17 zeigt dieses Instrument, das ebenfalls mit den erforderlichen Schaltern usw. ausgerüstet ist. Die im Fuß des Anemoklinographen eingebaute Vorrichtung zur Richtungsanzeige besteht aus einem stromdurchflossenen Widerstandsring, auf welchem ein mit der Windfahne drehbarer Kontaktarm schleift. Die von diesem abgegriffene Spannung wird an dem Voltmeter angezeigt, dessen Skala mit Windrichtungsangaben versehen ist.

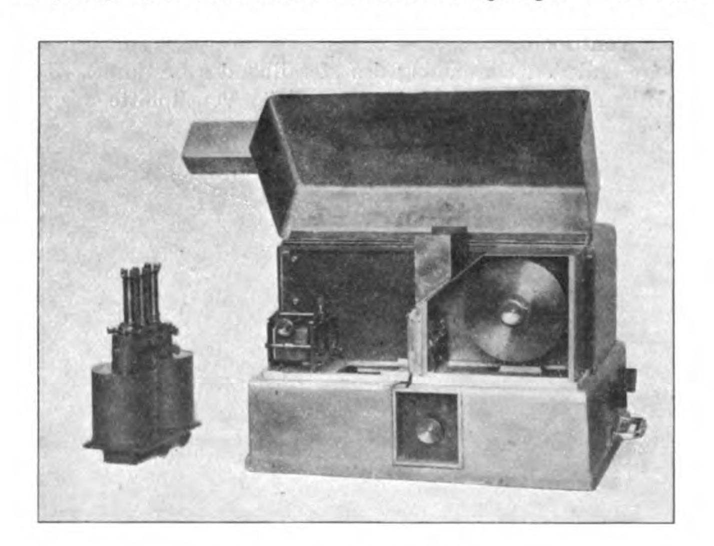


Fig. 11 (zu Anm. 18).

[18]) Die Figur zeigt den photographischen Registrierapparat und den getrennt davon aufgestellten Elektromagneten, der die Oszillographen-Meßschleifen enthält.

Diskussion.

Professor **Grosse**-Bremen:

Der neue Gerdiensche Windmesser bildet ohne Frage eine wertvolle Bereicherung des wissenschaftlichen Instrumentariums, soweit es zur Windmessung dient. Auf dem Newtonschen Abkühlungsgesetz, daß der Logarithmus der Temperaturerhöhung über die Umgebung der Dauer der Abkühlung proportional ist, beruht folgendes einfache Verfahren der Windmessung, zu dem nur ein in Zehntelgrade geteilter Thermometertyp und eine Sekundenuhr erforderlich sind. Bestimmt man die Zeit, innerhalb deren ein über die Umgebung (durch die Wärme der Hand) um 10° erwärmtes Thermometer seinen halben Temperaturüberschuß abgibt, zunächst in ruhiger Luft, sodann im Winde, so wird diese Halbierungszeit im letzten Falle kürzer sein, und die Windgeschwindigkeit ist eine Funktion dieses Zeitunterschiedes. Ich habe festgestellt, daß besonders bei kleineren und mittleren Windgeschwindigkeiten diese sich nach dem geschilderten Verfahren, das nur sehr wenig Zeit erfordert, ganz gut messen lassen. Ob das Verfahren außer für klimatologisch-hygienische Zwecke auch für die Zwecke der Lufttechnik Bedeutung erhalten wird, vermag ich heute noch nicht zu sagen, da meine Versuche noch nicht abgeschlossen sind.

Professor Dr. **von Kármán**-Aachen:

berichtet über Vorversuche, die in Aachen vorgenommen worden sind, die Hitzdrahtmethode zur Geschwindigkeitsmessung in dem künstlichen Windstrom anzuwenden. Besonders vorteilhaft sei es, daß man durch diese Methode nicht Größen mißt, die dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional sind, sondern der Quadratwurzel derselben; durch Vergleich der Mittelwerte, die man nach den üblichen Methoden (Pitotrohr, Stauscheibe) ermittelt, und der Mittelwerte der Hitzdrahtmessungen könnte man sogar auf die Größe der Schwankungen (Turbulenz) schließen.

Professor Dr. **Bendemann**-Adlershof:

Im Anschluß an die Mitteilungen von Dr. Gerdien möchte ich kurz auf ein ganz anderes Verfahren zur Beobachtung des Windes hinweisen, das zwar nicht auf exakte Messung der momentanen Luftbewegungskomponenten ausgeht, das aber ein sehr anschauliches Bild des Bewegungszustandes geben kann, und das ferner den großen Vorteil bietet, die Luft in größeren Höhen vom Erdboden aus beobachten zu können, ohne daß Meßinstrumente hinaufgetragen werden müssen.

Die Artilleriegeschosse zeigen am Rauch ihrer Sprengwolken sehr deutlich den Bewegungszustand der Luft in großen Entfernungen, welche man durch die Zeitzünder sehr genau bestimmen kann. Würde man senkrecht nach oben schießen, so ließe sich die Höhe ebenso genau bestimmen. Denken wir uns nun eine Kette solcher Sprengwolken mit genau bestimmten zeitlichen Abständen, z. B. von je 1 Sekunde, in 500 oder 1000 m Höhe erzeugt und das entstehende Bild photo-

graphisch festgehalten, so haben wir eine geradezu ideale Möglichkeit, die Windrichtung und die Geschwindigkeit (aus dem linearen Abstand der einzelnen Wolken) mit ihren Schwankungen festzustellen. Aus der Schnelligkeit, mit der sich die Wolken zerteilen, werden wir aber auch ein Maß für die Turbulenz erhalten können.

Es scheint nicht allzu schwierig, ungefährliche Rauchgeschosse mit präzisen Zeitzündern herzustellen und sie in genügende Höhen zu schießen. Zunächst wollen wir aber in der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt ein dem Maschinentechniker näherliegendes Verfahren erproben, um die Rauchwolken in die Höhe zu bringen, mit dem man allerdings schwerlich auf große Höhen kommen kann: der Rauch soll in Form von Wirbelringen durch eine maschinell getriebene Vorrichtung ausgesandt werden, welche der bekannten Trommel nachgebildet ist, die man aus den physikalischen Hörsälen kennt. Ich hoffe, bei einer späteren Tagung einiges über den Erfolg dieser Versuche mitteilen zu können.

Dr. **Gerdien**-Berlin:

Ich möchte zunächst dem ersten Herrn Diskussionsredner antworten. Nach seinen Ausführungen könnte es den Anschein haben, als ob die von ihm angegebene Methode annähernd dasselbe leiste wie der Anemoklinograph: das kann natürlich nicht der Fall sein, da es sich bei diesem um eine Messung und Registrierung der Momentanwerte handelt. Er meint, der Apparat sei zu kompliziert. Das ist doch nur von einem relativen Standpunkt aus verständlich! Anderen ist der Apparat vielleicht nicht zu kompliziert in Anbetracht dessen, was er leistet — er ist vielleicht kompliziert für denjenigen, der ihn herstellt, keineswegs aber für denjenigen, der ihn besitzt. Man darf ihn doch auch wohl nicht mit Vorrichtungen vergleichen, die zwar einfacher sind, aber auch nicht entfernt das leisten, was er leistet! Man darf sich, glaube ich, überhaupt in der fortschreitenden modernen Technik nicht auf den Standpunkt stellen: eine Sache ist mir zu kompliziert, sonst dürfte man auch keinen modernen Flugapparat benutzen!

Was die Ausführungen des Herrn von Kármán anlangt, die mich sehr interessiert haben, haben wir natürlich auch zuerst allerhand ganz einfache Hitzdrahtsysteme probiert, ehe wir zu dem jetzigen übergingen; man kann das natürlich alles sehr schön im Laboratorium machen, z. B. einen Draht auf 500° über die Lufttemperatur erhitzen und seinen Widerstand messen; für einen dauernd brauchbaren Apparat ist das aber nicht möglich, da darf man nicht über 100° C mit der Temperatur des Drahtes gehen, weil sonst Staubverbrennung eintritt, die auf die Dauer den Draht zerstört.

Zu dem, was Herr Prof. Bendemann ausführte, möchte ich sagen, daß es natürlich sehr erfreulich wäre, wenn wir durch seine Methode einen Ersatz für die immerhin etwas kostspieligen Pilotballone erhalten würden, die uns einen Überblick über die Windstruktur in der Atmosphäre verschafft — wir hatten uns ja hier nur das sehr viel bescheidenere Ziel gesteckt, die Windstruktur in der Nähe des Bodens zu messen.

Rechtsfragen der Luftfahrt.

Vortrag, gehalten in der Ordentlichen Mitgliederversammlung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik am 6. Juni 1913

vom

Geheimen Finanzrat Dr. Erythropel in Berlin.

Meine sehr verehrten Herren!

Der letzte der Fachvorträge, die den Gegenstand der heutigen Tagesordnung bilden, soll Sie auf ein Gebiet führen, das den meisten von Ihnen, denen vielleicht die physikalischen und technischen Seiten des Luftfahrwesens vertrauter sind, etwas ferner liegen dürfte, das indes bei der enormen Entwicklung, welche Luftschiffahrt und Flugwesen in unseren Tagen genommen haben, von nicht minderer Bedeutung ist, auf das Gebiet der mit der Luftfahrt verknüpften wichtigsten Rechtsfragen.

Wer vor etwa fünf Jahren noch über Rechtsfragen der Luftfahrt gesprochen haben würde, würde den Gegenstand mit verhältnismäßig wenigen Worten haben abtun können. Solange der Mensch noch außerstande war, der im freien Luftraum schwebenden Gasblase Ziel und Richtung nach eigenem Willen zu geben, solange der Motor noch nicht gefunden war, der den ikarischen Flug zu sonnigen Höhen verwirklichen konnte, war zu Erörterungen über die rechtliche Seite der Luftfahrt wenig Anlaß gegeben. Die Frage des Ersatzes von Flurschaden bei Landungen und die ehedem doch recht theoretische Frage, ob in und welcher Höhe der Eigentümer eines Grundstücks sich das Durchfliegen des über seinem Grundstück befindlichen Luftraums gefallen lassen müsse, waren so ziemlich die einzigen luftfahrtrechtlichen Fragen, die die Juristenwelt damals beschäftigten. Das änderte sich mit einem Schlage, als durch die Vervollkommnung des Benzinmotors der lenkbare Luftflug, der Traum so vieler hoffnungsfroher Jahrhunderte, zur Wirklichkeit geworden war. Die Möglichkeit, Menschen und Sachen ohne Verbindung mit dem Erdboden und unabhängig von allen festgezogenen Grenzen der Erdoberfläche in bestimmter Richtung fortbewegen zu können und die damit verknüpfte Gefahr nicht nur für die im Luftfahrzeug befindlichen Personen und Gegenstände, sondern auch für die an der Luftfahrt selbst nicht beteiligten, auf der Erde befindlichen Personen und Sachen schuf eine Reihe bisher unbekannter Tatbestände, deren Beurteilung auch die Rechtswissenschaft vor eine Reihe ganz neuer Aufgaben stellte. Innerhalb kurzer Zeit entstand eine umfangreiche Literatur, die — zum Teil an tatsächliche Vorkommnisse anknüpfend — sich mit der Frage beschäftigte, ob das bestehende Recht genüge, den Anforderungen der Luftfahrt in allen Punkten gerecht zu werden; eine Literatur, die in ihrer Reichhaltigkeit

zugleich ein Beweis dafür ist, daß gerade die Lösung luftrechtlicher Fragen für unsere Juristen etwas besonders Reizvolles haben muß. Heute läßt sich bereits von einem völligen System des Luftfahrtrechts reden, worin Luftstaats- und Lufthoheitsrecht, Luftprivat- und Luftstrafrecht, Luftverkehrs- und Luftzollrecht, endlich auch Luftkriegsrecht in sich abgeschlossene Materien bilden. Eine systematische Zusammenstellung aller der den Luftverkehr berührenden rechtlichen Fragen versuchte bereits im Jahre 1908 der Schweizer Meili in seiner Schrift „Das Luftschiff im internationalen Recht und Völkerrecht". Ihm folgten in ähnlich umfassender Weise in Frankreich Fauchille, in Deutschland Zitelmann und Kohler. Das Ergebnis ihrer Untersuchungen und aller derer, die sich vor und nach ihnen mit der Lösung einzelner Fragen des Luftfahrtrechts beschäftigt haben, läuft darauf hinaus, daß zwar im großen und ganzen bei Lösung der aufgeworfenen luftrechtlichen Fragen mit den bestehenden Normen des geltenden Rechts ausgekommen werden könne, daß indes in einzelnen wichtigen Punkten das gegenwärtige Recht mit Rücksicht auf die Eigenartigkeit des Luftfahrtwesens einer durchgreifenden Änderung bedürfe. Nur darüber gehen die Meinungen auseinander, ob es sich empfehlen möchte, die als notwendig erkannte Fortbildung und Ergänzung des bestehenden Rechts der Rechtsprechung allein zu überlassen, oder ob es schon jetzt notwendig sei, durch entsprechende gesetzgeberische Maßnahmen eine Weiterbildung des Rechts vorzunehmen, durch welche die bei der Luftfahrt entstehenden Interessenkonflikte, soweit sie durch das bestehende Recht nicht in befriedigender Weise ausgeglichen sind, beseitigt werden können.

In den großen an dem Luftfahrtwesen besonders interessierten Staaten Europas beschränkte man sich inzwischen darauf, den Verkehr mit Luftfahrzeugen im Interesse vor allem der Verkehrssicherheit und im Interesse der Landesverteidigung gewissen polizeilichen Bedingungen zu unterwerfen. Dies geschah nicht im Wege des Gesetzes, sondern zunächst nur durch behördliche Anordnungen administrativer Art. Frankreich erließ das Ministerialdekret über die Aviatik vom November 1911, England hat eine Luftschiffsfahrtakte von 1911, auch in Preußen ist durch eine Verordnung des Ministers des Innern und des Ministers der öffentlichen Arbeiten von 1911 der Verkehr mit Luftfahrzeugen polizeilich geregelt worden. Die preußischen Bestimmungen beschränken sich im wesentlichen darauf, den Polizeiorganen gewisse Direktiven bei der Beurteilung von Luftfahrtsangelegenheiten zu geben. Die Erteilung der Zeugnisse für Luftschiff- und Flugzeugführer liegt zurzeit noch in der Hand privater Vereine. Von einer polizeilichen Prüfung und Abnahme der Flugzeuge wird abgesehen. Es heißt in der preußischen Verordnung: „Die in letzter Zeit sich häufenden Unglücksfälle bei Flugversuchen und Luftschiffahrten sowie die Zunahme der Flugwettbewerbe und solcher Luftschiffahrten, bei denen Fahrgäste mitgenommen werden, lassen es ..... nicht tunlich erscheinen, die reichsgesetzliche Regelung abzuwarten. Vielmehr werden im Interesse der öffentlichen Sicherheit schon jetzt gewisse Maßnahmen im Wege der Einwirkung auf die Vereine sowie des Erlasses polizeilicher Anordnungen vorzusehen sein. Hierbei kann freilich nicht unbeachtet bleiben, daß es sich um eine Materie handelt, die einerseits wegen ihrer Neuheit und des Mangels an aus-

reichenden Erfahrungen besondere Schwierigkeiten bietet, andererseits auch zur möglichsten Rücksichtnahme und Schonung der noch im Anfange stehenden Entwicklung nötigt, um weiteren Fortschritten auf dem neugewonnenen Gebiete keine Hemmungen zu bereiten. ..... Nach Lage der Verhältnisse wird es sich empfehlen, von der Zusammenfassung der Anordnungen in eine mit Strafvorschriften ausgestattete Polizeiverordnung im allgemeinen abzusehen und, soweit nicht die Art der Anordnung den Erlaß einer Verordnung erfordert, zu versuchen, ob nicht das Interesse der allgemeinen Sicherheit in ausreichender Weise durch polizeiliche Verfügungen an die in Betracht kommenden Vereine und an Einzelpersonen ...... gewahrt werden kann."

Sie sehen, meine Herren, daß es sich bei dieser Regelung des Luftverkehrs nur um ein Provisorium handelt.

Es ist zweifellos richtig, daß bei dem gegenwärtigen Stande des Luftfahrwesens, wo von einem geregelten Personenverkehr noch nicht die Rede sein kann, und wo das Fliegen im Ballon, Luftschiff oder Flugzeug im wesentlichen noch immer sportlichen und militärischen Zwecken dient, an eine Luftgesetzgebung nur mit der allergrößten Vorsicht herangetreten werden darf. Und doch wird sich bei den großen Umwälzungen, die der Luftverkehr auf allen Gebieten des wirtschaftlichen Lebens schon jetzt hervorgebracht hat und täglich neu hervorbringt, kein zivilisierter Staat einer Regelung des Luftverkehrs im Wege des Gesetzes dauernd entziehen können. Die Kunst des Gesetzgebers wird nur darin bestehen müssen, ein Gesetz zu schaffen, das auf der einen Seite der vorwärts strebenden Luftschiff- und Flugzeugindustrie in ihrer gedeihlichen Fortentwicklung nicht hinderlich ist, auf der anderen Seite aber mit der nötigen Schärfe durchgreift, um die erkennbar festgestellten Mängel des geltenden Rechts im Interesse derer zu beseitigen, die wider ihren Willen von gewissen Einwirkungen des Luftverkehrs betroffen werden und deshalb schutzbedürftig sind.

Wir werden also auch in Deutschland in absehbarer Zeit ein Luftverkehrsgesetz haben müssen. Wie Sie wissen, befindet sich ein solches „Reichsgesetz über den Verkehr mit Luftfahrzeugen" in Vorbereitung. Der französischen Deputiertenkammer ist in diesen Tagen ebenfalls der Entwurf eines Gesetzes über die Luftschiffahrt (loi sur la navigation aérienne) zugegangen. Auch in der Begründung zu diesem Entwurf heißt es, daß die Regierung bemüht gewesen sei, bei Anordnung der als unentbehrlich erkannten Schutzmaßregeln (tout en prescrivant les mesures de protection indispensables) nicht die durchaus berechtigten Interessen der Flugzeugkonstrukteure oder der Flugzeugführer zu beeinträchtigen. Denn das Luftfahrwesen sei eine nationale Industrie, die sich noch im Anfangsstadium befinde und verdiene, ermutigt zu werden.

Lassen Sie mich, meine Herren, den heutigen Vortrag auf die Erörterung derjenigen Rechtsfragen beschränken, die meiner Auffassung nach als besonders dringlich geprüft werden müssen, wenn es sich um die Entscheidung handelt, welche gesetzlichen Vorschriften bei uns in Deutschland angesichts des geltenden Rechtszustandes im Interesse des Luftverkehrs zu schaffen sind. Dies soll nur in großen Zügen geschehen. Ein näheres Eingehen auf Einzelheiten würde in den Rahmen unserer heutigen Sitzung nicht hineinpassen.

I. Ich beginne mit dem Privatrecht. Hier sind vor allem drei Fragen hervorzuheben, die erörtert werden müssen: Die Frage des Überflug- und Landerechts, die Frage der Haftpflicht bei Personen- und Sachbeschädigungen durch Luftfahrzeuge und die Frage nach der rechtlichen Beurteilung von Vorgängen, die sich während der Fahrt ereignen.

1. a) Wie bereits erwähnt, wurde schon zur Zeit der Freiballone von verschiedenen Seiten die Rechtsfrage untersucht, ob und inwieweit der Grundeigentümer sich das Durchfliegen des über seinem Grundstück befindlichen Luftraums gefallen lassen müsse. Rein privatrechtlich betrachtet, kommt es hier darauf an, wieweit man dem Grundstückseigentümer auch an dem über seinem Grundstück befindlichen Luftraum ein ausschließliches Herrschaftsrecht einräumen will. In der Theorie stehen sich bei Diskussion über das sogenannte „Recht am Luftraum" im wesentlichen zwei Anschauungen gegenüber, deren eine ein Eigentum an der über der Erdoberfläche befindlichen Luftsäule uneingeschränkt anerkennen will und damit dem Grundstückseigentümer ein unbedingtes Verbotsrecht einräumt, während die andere dem Grundstückseigentümer nur die Befugnis zuspricht, über den Luftraum soweit zu verfügen, als es die aus der wirtschaftlichen Benutzung seines Grundstücks hervorgehenden Interessen erfordern.

Der französische Luftgesetzentwurf geht von dem Grundgedanken aus, daß der Satz des Art. 552 Code civil, wonach das Eigentum am Grund und Boden das Eigentum an allem, was über der Oberfläche ist, in sich schließt, daß der Satz vom „propriété du dessus" so aufzufassen sei, daß er sich nicht auf den des Privatrechts unfähigen Luftraum erstreckt. Dementsprechend bestimmt der Entwurf, daß die Besitzer von Grundstücken sich dem Überfliegen ihrer Ländereien nicht widersetzen können, wobei sie vor mißbräuchlicher Ausnutzung des Überflugrechts allerdings geschützt werden und Ersatz des Schadens erhalten sollen, der durch das Überfliegen und durch Landungen auf ihrem Grund und Boden entsteht.

Auch für uns kann es heute nach den Vorschriften des BGB. nicht zweifelhaft sein, daß ein unbedingtes Verbotsrecht des Grundeigentümers nicht anerkannt werden kann; denn § 905 BGB. bestimmt: „Das Recht des Eigentümers eines Grundstücks erstreckt sich auf den Raum über der Oberfläche und auf den Erdkörper unter der Oberfläche. Der Eigentümer kann jedoch Einwirkungen nicht verbieten, die in solcher Höhe und Tiefe vorgenommen werden, daß er an der Ausschließung kein Interesse hat." Ich glaube auch nicht, daß heute irgendjemand noch ernstlich wird bestreiten wollen, daß an sich der von den Franzosen für den internationalen Luftverkehr proklamierte Grundsatz „L'air est libre" auch bei uns in dem Sinne Geltung hat, daß im allgemeinen das Durchfliegen des Luftraums vom Grundstückseigentümer in solchen Höhen nicht untersagt werden kann, wo er an einem Verbotsrecht kein wirtschaftliches Interesse mehr hat. Diese Höhe nach irgendwelchen bestimmten Merkmalen abgrenzen zu wollen, wie es beispielsweise in der Weise vorgeschlagen worden ist, daß man das höchste Bauwerk der Erde — den Eiffelturm — oder die größte Tragweite eines modernen Geschützes oder endlich die Reichweite eines photographischen Apparates als Höchstgrenze bestimmt, ist natürlich willkürlich und praktisch nicht vorzuschlagen.

Man wird also mit den vorhandenen Vorschriften des BGB. auch den Anforderungen des Luftverkehrs gegenüber auskommen können, ohne daß dies — vorläufig wenigstens — einer Änderung bedarf. Auf der anderen Seite darf dabei nicht übersehen werden, daß es doch gewisse Möglichkeiten gibt, wo auch in Höhen, an deren Beherrschung der Grundstückseigentümer kein wirtschaftliches Interesse mehr hat, das Überfliegen zu unbequemen Folgen führen kann. Ich erinnere an das Überfliegen von Festungen und anderen im Interesse der Landesverteidigung geheim zu haltenden Plätzen. Gegen den Einblick in derartige Plätze wird durch gesetzgeberische Maßnahmen Vorsorge getroffen werden müssen, und zwar in der Weise, daß das Überfliegen bestimmter Gebiete im staatlichen Interesse untersagt werden kann. Der französische Entwurf hat eine Bestimmung, wonach Luftfahrzeugen, die sich aus Versehen in solche verbotenen Zonen verirren, die Verpflichtung auferlegt wird, auf Anfordern sofort oder, falls dies nicht möglich ist, sobald als möglich zu landen. Die Landung kann unter Umständen mit Gewalt erzwungen werden. Er wiederholt auch die in letzter Zeit bei uns infolge der Lunéviller Vorgänge vielfach genannte Vorschrift: „La circulation en France et dans ses colonies des aéronefs publics étrangers est interdite."

Gegen die Einwirkung, welche durch das Geräusch der Propeller, durch den Auspuff von Rauch oder Benzingasen und ähnliche unbequeme Nebenerscheinungen hervorgerufen werden, bietet das BGB. dem Grundstückseigentümer ebenfalls genügenden Schutz. Zwar nicht in § 906 BGB., wonach der Eigentümer eines Grundstücks die Zuführung von Gasen, Dämpfen, Gerüchen, Rauch, Ruß, Wärme, Geräusch, Erschütterungen und ähnliche von einem anderen Grundstück ausgehende Einwirkungen insoweit nicht verbieten kann, als die Einwirkung die Benutzung seines Grundstücks nicht oder nur unwesentlich beeinträchtigt, wohl aber ebenfalls in § 905 BGB. Derartigen Einwirkungen kann der Grundstückseigentümer mit Erfolg entgegentreten, sobald sie in so geringer Höhe stattfinden, daß seine Interessen dadurch verletzt werden.

b) Ein nicht minder wichtiges Kapitel wie das vom Überflugrecht ist das Kapitel vom Recht der Landung auf fremdem Grund und Boden. Ein solches Recht besteht nach unserem gegenwärtigen Rechtszustande nicht, vielmehr kann der Eigentümer eines Grundstücks nach § 903 BGB., soweit nicht das Gesetz oder Rechte Dritter entgegenstehen, andere von jeder Einwirkung auf sein Grundstück ausschließen, damit also jede Landung eines Luftfahrzeugs auf seinem Grund und Boden verbieten und gegebenenfalls verhindern. Er ist nach § 904 BGB. nur dann nicht berechtigt, die Einwirkung eines anderen auf sein Grundstück zu verbieten, wenn die Einwirkung zur Abwendung einer gegenwärtigen Gefahr notwendig oder der drohende Schaden gegenüber dem aus der Einwirkung ihm entstehenden Schaden unverhältnismäßig groß ist. Diese Voraussetzungen dürften bei allen Notlandungen vorliegen. Der Grundstückseigentümer ist dann schadensersatzberechtigt.

Die Franzosen wollen in ihrem Gesetzentwurf bei Landungen eine einschneidende Änderung des bestehenden — hier allerdings dem unsrigen nicht ganz gleichen — Rechts vornehmen, die für die Entwicklung des Luftverkehrs in Frankreich von der größten Bedeutung werden kann. Sie wollen bestimmen,

daß — force majeure vorbehalten — nur innerhalb geschlossener Grundstücke, die zu einer menschlichen Siedelung gehören, ohne Einwilligung des Eigentümers, und innerhalb der vom Landungsrecht ausdrücklich obrigkeitlich ausgeschlossenen Gebiete nicht gelandet werden darf. Sie proklamieren damit also im übrigen ein allgemeines Landerecht. Dabei will man auch in Frankreich davon absehen, für die Luftfahrt das Einhalten einer bestimmten Höhe über der Erdoberfläche vorzuschreiben.

Ich erachte für unsere deutschen Verhältnisse die Anerkennung eines allgemeinen Landerechts, wie es die Franzosen wollen, für sehr bedenklich. Der Luftverkehr steckt noch in den allerersten Kinderschuhen, und ich glaube kaum, daß ein Bedürfnis für eine Maßnahme anerkannt werden kann, welche das Grundeigentum mit einer so tiefgreifenden Einschränkung vorsieht, wie es ein allgemeines Landerecht ist. Es kommt hinzu, daß man meines Erachtens bei uns auch ohne Änderung des bestehenden Rechtszustandes jedenfalls vorläufig und voraussichtlich dauernd wird auskommen können. Es darf doch nicht vergessen werden, daß die Notwendigkeit, überall landen zu können, immer mehr schwinden wird, je weiter es der Technik gelingt, die Luftfahrzeuge von den sie jetzt noch vielfach zu vorzeitiger Landung zwingenden Mängeln zu befreien.

Es ist in der Praxis vorgekommen, daß durch das Überfliegen von Grundstücken auf denselben befindliche Tiere durch den Schaltten des Luftfahrzeugs oder durch das Geräusch der Maschine erschreckt worden sind und dann Schaden angerichtet haben. Gegen derartige Einwirkungen kann natürlich auch auf Grund der Vorschriften des BGB. über die Rechte des Grundstückseigentümers nicht vorgegangen werden. Ich komme damit aber auf die zweite wichtige Frage des Luftfahrtrechts, auf die bereits bei dem Recht der Notlandung gestreifte Frage des Ersatzes von Schaden, der durch ein Luftfahrzeug hervorgerufen ist.

2. Die Frage nach der Schadensersatzpflicht — Haftpflicht — bei Luftfahrtunfällen ist zurzeit wohl die brennendste und wird auch Sie, meine Herren, ganz besonders interessieren. Wie wichtig sie ist, geht daraus hervor, daß sie auch auf dem 31. deutschen Juristentag 1912 in Wien zur besonderen Erörterungen gestellt worden ist mit der Formulierung: „Empfiehlt sich eine Fortbildung des geltenden Schadensersatzrechtes durch besondere Bestimmungen über die Haftung für Schäden, die verursacht werden durch die Verwendung von Luftschiffen und Flugmaschinen?“

Meine Herren! Bei einer Freiballonlandung das übliche Bild: Kaum hat auf dem Platze, dem man zum Niedergang erkoren, die gelbe Kugel nach einem festen Ruck an der Reißleine ihr Leben ausgehaucht, kaum liegen Korb und Hülle am Boden, da erscheinen in der Gegend, die von oben menschenleer schien, bereits die ersten neugierigen Erdbewohner, um den Fall zu betrachten. Die Menge die uns umringt, wächst binnen weniger Minuten und bald wird die nähere Umgebung des Landungsplatzes, wo früher junges Grün hoffnungsvoll emporsproß, unter den Füßen der Neugierigen zur verwüsteten Ödfläche. Es erscheint der Grundeigentümer oder Pächter des Grundstücks, auf dem gelandet wurde, und verlangt, meist weniger erfreut über den Einfall der Luftfahrer in ziemlich kategorischer Weise Ersatz für Flurschaden. Jeder, der als Ballonführer solche

Situationen mitgemacht hat, empfand es als selbstverständlich, daß diese Forderung in vollem Umfange erfüllt werden müsse, obwohl er sich sagte, daß er mit seinen Begleitern garnicht die Absicht gehabt hat Schaden zu machen, daß er nach Möglichkeit alles daran gesetzt hat, Schaden zu vermeiden, daß die Landung selbst auch den geringsten Schaden verursacht hat, daß es vielmehr im wesentlichen die Neugierde der Zuschauer war, die die junge Saat vernichtete. Er empfand es ebenso als selbstverständlich, die Schadensersatzforderung von Personen abzulehnen, die zum Teil von weit aus der Nachbarschaft herbeieilten mit der Behauptung, das ganze Dorf sei ihnen durch das Kornfeld gelaufen, um möglichst rasch an die Landestelle zu kommen. Der Ersatz des Sachschadens, der in diesem Falle als selbstverständlich empfunden wurde, findet — solange er unter die Vorschrift des § 904 BGB., Schadensersatz bei Notlandungen, gebracht werden kann — im BGB. seine gesetzliche Stütze. Soweit die Voraussetzungen des § 904 BGB. jedoch fehlen, soweit auch nicht vorsätzliche oder fahrlässige Sachbeschädigung vorliegt, fehlt es dafür zurzeit an einer gesetzlichen Unterlage. Denn im übrigen greifen nur die Bestimmungen der §§ 823 und 831 des BGB. ein, die zur Haftung für Schaden Vorsatz oder Fahrlässigkeit, also ein Verschulden erfordern.

Es wird Ihnen allen der Unglücksfall in Erinnerung sein, von dem im Jahre 1908 ein Mann betroffen wurde, der bei der Landung des Grafen Zeppelin in Echterdingen zugegen war. Zeppelin mußte am 5. August 1908 sein Luftschiff wegen Schadhaftigkeit des vorderen Motors auf dem Felde bei Echterdingen landen. Da tausende von Menschen herbeiströmten, wurde der Landungsplatz militärisch abgesperrt. Trotz der militärischen Bewachung riß nachmittags gegen 3 Uhr eine Gewitterböe das verankerte Luftschiff los und trieb es etwa 1200 m fort, bis es verbrannte. Bei dieser Gelegenheit wurde ein Mann, der in der letzten Reihe der Zuschauer nicht weit von der vorderen Gondel gestanden hatte, vom Kettenanker mitgerissen und so schwer verletzt, daß ihm später ein Bein abgenommen werden mußte. Er verlangte nun Schadensersatz von dem Grafen Zeppelin, weil dieser den Unfall durch Fahrlässigkeit verursacht habe. Die Klage dieses Mannes ist in allen drei Instanzen abgewiesen worden, und sie hat auch nach dem geltenden Recht abgewiesen werden müssen. Bei dem außerkontraktlichen Schaden, wie er hier vorlag, konnten nur die Vorschriften der §§ 823 und 381 BGB. in Frage kommen. Danach konnte der Graf Zeppelin für den entstandenen Schaden nur dann haftbar gemacht werden, wenn er ihn schuldhafterweise verursacht hatte oder wenn einer seiner Angestellten den Schaden widerrechtlich herbeigeführt hatte, ohne daß dem Grafen Zeppelin der Nachweis gelang, daß er bei der Auswahl der Angestellten die im Verkehr erforderliche Sorgfalt beobachtet habe. Das Reichsgericht entschied dabei, daß der bloße Betrieb eines an sich gefährlichen Unternehmens wie das Führen eines Luftschiffs kein Verschulden darstelle. Fälle, wie der Echterdinger Fall, können tagtäglich vorkommen. Nicht nur bei der Landung, sondern auch während des Überfliegens von Grundstücken und bei der Abfahrt können Personen und Sachen durch das Luftfahrzeug selbst, durch ausgeworfene Gegenstände, ja auch dadurch beschädigt werden, daß — wie in dem Fall der durch den Schatten des Luftschiffs erschreckten Tiere — mittelbar ein besonderer Schadensfaktor ausgelöst wird.

Wenn nun ein Ersatz des auf diese Weise entstandenen Schadens nach dem bestehenden Recht in den praktisch wichtigsten Fällen nur dann möglich ist, wenn demjenigen, der für die Leitung des Luftfahrzeugs verantwortlich ist, oder der den Schaden unmittelbar verursacht hat, ein Verschulden nachgewiesen werden kann, so wissen Sie alle, daß ein solcher Nachweis nur in den allerseltensten Fällen geführt werden kann. Die große Abhängigkeit der Luftfahrzeuge von den Einflüssen der sie umgebenden Atmosphäre und die sich aus der begrenzten Dauer des Betriebsstoffs ergebende Notwendigkeit, in sehr viel Fällen zwangsweise landen zu müssen, läßt ein Verschulden außerordentlich selten vorhanden sein. Und doch entspricht es, wie auch diejenigen, die die Zeit für eine gesetzliche Änderung des bestehenden Rechts noch nicht für gekommen halten, zugeben müssen, dem allgemeinen Rechtsempfinden, daß Schadensersatz in allen Fällen geleistet werden muß, wo durch ein Luftfahrzeug unverschuldeterweise Schaden angerichtet worden ist. Hier ist die Notwendigkeit den jetzigen Rechtszustand im Wege des Gesetzes zu ändern, zweifellos gegeben. Es ist der Vorschlag gemacht worden, daß ähnlich, wie im Automobilgesetz von 1909, der Grundsatz aufgestellt wird, daß auch bei unverschuldetem Schaden der Halter des Luftfahrzeuges zum Ersatz verpflichtet wird, und daß die Ersatzpflicht ausgeschlossen wird, wenn der Unfall weder durch ein Verschulden des Fahrzeughalters oder einer bei dem Betriebe beschäftigten Person noch durch einen Fehler in der Beschaffenheit des Fahrzeugs oder durch ein Versagen seiner Vorrichtungen verursacht worden ist. Die Haftung des Luftfahrzeughalters für unverschuldeten Schaden soll fortfallen, wenn zur Zeit des Unfalls der Verletzte oder die beschädigte Sache durch das Fahrzeug befördert wurde oder der Verletzte bei dem Betriebe des Fahrzeugs tätig war. Endlich soll der Luftfahrzeughalter von der Haftung für Schaden auch dann befreit sein, wenn bei der Entstehung des Schadens ein Verschulden des Verletzten oder bei Sachschaden ein Verschulden desjenigen, der die tatsächliche Gewalt über die Sache ausübt, mitgewirkt hat, wodurch der Schaden vorwiegend herbeigeführt worden ist. Ähnlich wie nach § 18 des Automobilgesetzes soll auch der Führer des Luftfahrzeugs für Personen- und Sachschaden neben dem Fahrzeughalter haften müssen, es sei denn, daß seine Schuldlosigkeit nachgewiesen wird. Der französische Gesetzentwurf hat, und zwar als Korrelat für die sich aus dem Überflug- und Landerecht für den Grundeigentümer ergebenden Unbequemlichkeiten, die viel schärfere Bestimmung, daß jeder Sach- oder Personenschaden auf der Erde, der durch ein Luftfahrzeug oder die Personen in ihm verursacht ist, ohne Nachweis eines Verschuldens den Urheber des Schadens und den Eigentümer des Luftfahrzeugs solidarisch haftbar macht, wobei der vom Schaden Betroffene nur die Tatsache des Schadens nachzuweisen braucht. Soweit zugleich ein eigenes Verschulden des Verletzten vorliegt, werden der Urheber des Schadens und der Flugzeugeigentümer entsprechend von der Haftung befreit.

Ich halte für uns in Deutschland wenigstens die vorgeschlagene mildere Regelung für unbedingt notwendig, da nach meinen Erfahrungen der jetzige Zustand als unhaltbar bezeichnet werden muß. Es kann nicht gewartet werden, bis einmal ein größeres Unglück eingetreten ist, das Ersatzansprüche auslöst, deren Nichtbefriedigung ein Schlag in das Gesicht des öffentlichen Rechtsgefühls bedeuten

würde. Ich glaube auch, daß die Unternehmungen, die sich gewerbsmäßig mit der Beförderung von Personen oder Sachen durch Luftfahrzeuge befassen und bei einer solchen Regelung als Luftfahrzeughalter einer schärferen Haftung ausgesetzt werden wie bisher, diesen Zustand ohne nennenswerte Beeinträchtigung ihrer Interessen werden ertragen können, namentlich, wenn, wie auch im Automobilgesetz geschehen, eine obere Grenze für die Höhe der Ersatzsumme festgesetzt wird. Sie haben außerdem die Möglichkeit, durch Zusammenschluß zu größeren Verbänden die Haftpflicht auf breitere Schultern abzuwälzen oder sich durch Aufnahme einer Versicherung schadlos zu halten.

3. Als dritte Frage, die auf dem Gebiet des Privatrechts von Bedeutung ist, kommt die Frage in Betracht: Wie sind Vorgänge rechtlich zu beurteilen die sich auf der Fahrt im Luftraum ereignen? Das bestehende Recht geht im allgemeinen von dem Grundsatz aus: locus regit actum, d. h. es richtet sich im allgemeinen die Form eines Rechtsgeschäfts nach dem Ort, wo es vorgenommen wird und auch das materielle Recht ist vielfach an ein bestimmtes örtliches Herrschaftsgebiet gebunden. Wie ist die Sache nun bei der Luftfahrt?

In der Literatur sind auch hier bereits die verschiedensten Meinungen vertreten worden. Die Frage spielt in das sogenannte internationale Privatrecht. Man hat die für das Schiff geltenden Vorschriften analog heranziehen und sagen wollen, daß alles, was auf der Fahrt im Luftfahrzeug sich ereignet, dem Recht desjenigen Staats unterliegt, dessen Nationalität das Fahrzeug besitzt, gleichgültig, ob es sich über fremden Ländern befindet oder nicht. Andere wiederum wollen, daß sich alle Vorgänge auf Luftfahrzeugen stets nach dem Recht desjenigen Staats richten sollen, über dem sie sich abgespielt haben, und nur wenn die Fahrt über staatenloses Gebiet gehe, wie bei Fahrten über offenes Meer, soll die Nationalität des Fahrzeugs, seine Flagge, ausschlaggebend sein. Eine dritte Meinung unterscheidet die Art der Vorgänge und erklärt, daß Vorgänge auf Luftfahrzeugen grundsätzlich nach dem Recht der Nationalität zu beurteilen seien, daß jedoch bei Fahrten über fremden Ländern diejenigen Vorgänge, durch welche die Sicherheit und öffentliche Ordnung des darunter liegenden Staats gestört, oder durch welche auf dem darunter liegenden Territorium befindliche Sachen oder Personen beschädigt werden, nach dem Recht und Gerichte des Grundstücks zu beurteilen seien. Ich glaube, daß man der letzten Meinung beitreten kann, bin allerdings der Ansicht, daß eine gesetzliche Regelung dieser dritten Frage zwar wünschenswert ist, in Wirklichkeit aber auf große Schwierigkeiten stoßen würde. Denn sie läßt sich ohne internationale Staatsverträge nicht in befriedigender Weise einheitlich regeln. Für ein deutsches Reichsluftgesetz scheidet sie vorläufig wohl ohne weiteres aus.

Hiernach wird man sich auf dem Gebiet des Privatrechts im wesentlichen darauf beschränken können, die Haftpflicht neu zu regeln.

II. Auf dem Gebiete des öffentlichen Rechts gibt es, wie bereits erwähnt, schon bei uns polizeiliche Vorschriften, die den Verkehr der Luftfahrzeuge einer obrigkeitlichen Aufsicht unterstellen. Daß diese Vorschriften sich zum Gesetz verdichten, scheint mir schon mit Rücksicht darauf wünschenswert, daß für das ganze Reich bestimmte unverrückbare Verkehrsnormen für Luftfahrzeuge fest-

gelegt werden. Auch die Franzosen haben in ihrem neuen Luftgesetzentwurf hier ganz eingehende Bestimmungen.

Die Vorschriften über den Luftverkehr, soweit sie gesetzlich zu treffen sind, werden sich zu beziehen haben: auf die Einführung einer staatlichen Prüfung hinsichtlich

1. der Eigenschaften der Luftfahrzeuge und ihrer Führer,
2. der Anlage und Beschaffenheit von Aufstieg-, Landungs- und Flugplätzen,
3. der Regelung derjenigen gewerbsmäßigen Unternehmungen, die sich mit Luftfahrten beschäftigen.

Zu 1: Es wird zu bestimmen sein, daß nur solche Luftfahrzeuge, die zur Aufnahme von Menschen bestimmt sind, dem öffentlichen Verkehr dienen können, wenn sie nach eingehender Prüfung auf ihre Sicherheit hin von der zuständigen Behörde zugelassen worden sind. Genügen die Vorschriften, die im Interesse der Verkehrssicherheit an sie zu stellen sind, nicht mehr, so müssen sie von dem öffentlichen Verkehr ausgeschlossen werden können. Nur innerhalb von Übungs- und Flugplätzen werden auch nicht zugelassene Luftfahrzeuge fliegen dürfen. Auch an die Qualität derjenigen Personen, die Luftfahrzeuge als Ballon-, Luftschiff- oder Flugzeugführer bedienen, werden gewisse obrigkeitliche Anforderungen zu stellen sein, die auf Grund einer staatlichen Prüfung nachgewiesen werden müssen. Die Flugerlaubnis wird zu entziehen sein, wenn sich herausstellt, daß die betreffende Person zur Führung von Luftfahrzeugen ungeeignet ist.

Zu 2: Auch die Anlage von Aufstieg-, Landungs- und Flugplätzen bedarf der staatlichen Oberaufsicht. Es kommen gerade hier neben den gewerbepolizeilichen Interessen auch militärische Interessen in Frage, so daß auch die Militär- und Marinebehörden vor Anlegung derartiger Plätze zu hören sein werden.

Zu 3: Endlich muß auch die gewerbsmäßige Beförderung von Personen und Sachen durch Luftfahrzeuge vom Staate beaufsichtigt werden, ebenso wie jedes andere Unternehmen, welches sich mit der öffentlichen Beförderung von Personen und Sachen sonst befaßt. Von großer Wichtigkeit scheint mir dabei, daß der Staat sich die Möglichkeit offen hält, derartige Unternehmungen, wenn sie eine gewisse wirtschaftliche Bedeutung als Einnahmequelle für den Staat bilden können, für seine Zwecke zu erwerben und damit den Luftverkehr für gewisse Zwecke zu monopolisieren.

Eine große Anzahl der im Interesse an der staatlichen Regelung des Luftverkehrs notwendigen polizeilichen Vorschriften werden den Ausführungsbestimmungen des Gesetzes überlassen bleiben können. Hierzu gehören beispielsweise die Vorschriften über eine bestimmte Flaggenführung, über Beschaffenheit und Ausrüstung der für den öffentlichen Verkehr bestimmten Luftfahrzeuge, die Kennzeichnung derselben, die Prüfung und Zulassung der Führer und anderes mehr.

Der französische Entwurf, der die Luftfahrzeuge in private und staatliche unterscheidet, wobei wiederum für die militärischen Luftfahrzeuge besondere Vorschriften gelten, untersagt den privaten Luftfahrzeugen ohne besondere Erlaubnis die Mitnahme von Explosivstoffen, Waffen und Kriegsmunition, von Brief-

tauben, photographischen Apparaten, von Postbriefschaften, funkentelegraphischen und funkentelephonischen Apparaten. Es wird die Führung eines Bordbuchs vorgeschrieben, das noch zwei Jahre nach der letzten Eintragung aufzubewahren und auf jederzeitiges Verlangen zur Einsicht vorzulegen ist. Den zuständigen Behörden wird das Recht eingeräumt, alle Luftfahrzeuge jederzeit zwecks Ausübung ihrer polizeilichen Rechte und ihrer Überwachungsrechte zu untersuchen. Es wird eine Verwaltungsordnung in Aussicht gestellt, welche die Bedingungen und Förmlichkeiten bestimmen soll, die von Luftfahrzeugen und deren Führern, die aus dem Auslande kommen, zu erfüllen sind, um die Erlaubnis zu erhalten, nach Frankreich hineinzufahren und nach einer Landung auf dem Luftwege zurückzukehren. Die Motive weisen darauf hin, daß es hier vor allem internationaler Verhandlungen bedürfen werde, um die nötigen Unterlagen zu schaffen. Vorschriften allgemeineren Inhalts handeln von Pflicht der Lokalbehörden zur Beistandsleistung im Falle der Gefährdung eines Luftfahrzeugs, von der Anzeigepflicht bei den Behörden, wenn Trümmer eines Luftfahrzeugs gefunden werden, von der nachzusuchenden obrigkeitlichen Erlaubnis bei öffentlichen Schauflügen, von der Befreiung gewisser polizeilicher Vorschriften bei Übungen auf den Flugplätzen. Ein besonderer Artikel berührt das Luftzollrecht und untersagt jeden Lufttransport von Waren ausländischen Ursprungs oder von Waren französischen Ursprungs, die nicht von Ausweispapieren über ihren französischen Ursprung begleitet sind.

III. An dritter und letzter Stelle wird auch das Strafrecht in einigen Punkten durch Gesetz im Interesse des Schutzes der Luftfahrt und der von der Luftfahrt unter Umständen gefährdeten Personen und Sachen fortgebildet werden müssen. Strafrechtliche Anordnungen, die dazu dienen sollen, den im verkehrspolizeilichen Interesse erlassenen Vorschriften Geltung zu verschaffen, sind selbstverständlich. Es wird aber ferner notwendig sein, die Luftfahrzeuge selbst strafrechtlich davor zu schützen, daß sie von anderen beschädigt werden, oder daß die zur Fahrt notwendigen Apparate zerstört werden, wodurch dann Gefahren für Menschenleben herbeigeführt werden können. Endlich wird auch das vorsätzliche oder fahrlässige Fahren über verbotene Landstrecken zu bestrafen sein.

Interessant ist die Bestimmung des französischen Entwurfs, welche vorschreibt, daß ein Luftfahrzeug, dessen Eigentümer nicht in Frankreich wohnhaft ist, wenn der Führer oder sein Begleiter sich einer Übertretung des Luftschiffahrtsgesetzes schuldig gemacht oder Schaden verursacht haben, solange festgehalten werden kann, als bis die Gerichte gesprochen haben, es sei denn, daß der Eigentümer oder statt seiner der Führer die Verpflichtung übernimmt, den Schaden und die Strafen zu bezahlen, und für die Erfüllung dieser Verpflichtung genügende Sicherheit leistet. Eine entsprechende Vorschrift für das deutsche Gesetz möchte ich nicht befürworten. Sie führt meines Erachtens nur zu Erschwernissen und diplomatischen Verwicklungen, die zu der Größe der in Frage kommenden Interessen nicht im angemessenen Verhältnis stehen.

Dies sind, meine Herren, in großen Zügen die Fragen, die meiner Meinung nach schon jetzt bei einer gesetzgeberischen Aktion zu berücksichtigen sind. Es wird der Zukunft überlassen bleiben können, auch für den internationalen Verkehr,

bei dem sich ja aus der Natur der Luftfahrt besonders leicht Konflikte ergeben, noch weitere Vorschriften zu erlassen. Ich glaube, daß auch die flugtechnische Industrie einer gesetzlichen Regelung in dem Sinne, wie ich sie für wünschenswert und unbedenklich halte, nicht wird widersprechen können, denn eine solche dient nicht nur dem Schutze der an der Luftfahrt unmittelbar beteiligten Personen, sondern mittelbar und nicht in letzter Linie auch den Kreisen; die an der Fortentwicklung der Luftfahrt und an dem Ausbau der dazu erforderlichen Maschinen ein Interesse haben.

Jahrbuch der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik

II. Band 1913/14

2. Lieferung



Berlin
Verlag von Julius Springer
1914

Inhaltsverzeichnis.

Vorträge der zweiten ordentlichen Mitglieder-Versammlung 1913.

Seite

„Erforschung der höheren Luftschichten durch Organisation eines internationalen Netzes von Pilotballonstationen.“ Prof. P. Polis, Aachen 93

„Luftfahrt und Mechanik.“ Prof. Dr.-Ing. A. Pröll, Danzig 94

Diskussion zu diesem Vortrag 113

„Der heutige Stand der Flugmaschinen-Konstruktionen.“ Prof. Dr.-Ing. Bendemann, Adlershof 118

Diskussion zu diesem Vortrag 141

„Welche Anforderungen müssen an die Gesundheit der Führer von Luftfahrzeugen gestellt werden?“ Dr. E. Koschel, Berlin 143

Diskussion zu diesem Vortrag 157

„Die Augen der Luftfahrer.“ Dr. Halben, Berlin 158

„Die Quellen der elektrischen Ladung eines Luftfahrzeuges.“ Dr. F. Linke, Frankfurt a. M. 169

„Über elektrische Eigenschaften von Ballonstoffen.“ Dr. Dieckmann, München . 172

Diskussion zu diesen Vorträgen 178

Wir möchten an dieser Stelle die ganz besondere Bitte an die verehrlichen Mitglieder richten, uns vor der nächsten Versammlung die Adressen aller in Frage kommenden ihnen bekannten Stellen gütigst mitteilen zu wollen, damit die Einladungen möglichst vollständig ergehen. Diese Adressenangabe ist uns auch deshalb von großem Wert, weil wir hierdurch die rege Werbetätigkeit der Mitglieder, die unbedingt nötig ist, am besten unterstützen können.

Erforschung der höheren Luftschichten durch Organisation eines internationalen Netzes von Pilotballonstationen.

Von

Professor **P. Polis**-Aachen.

Bekanntlich besteht in Deutschland seit mehreren Jahren ein Netz von Pilotballonstationen; diese nehmen täglich zwischen 7 und 8 Uhr vormittags — wenn die Sichtbarkeitsverhältnisse es erlauben — Windmessungen (Richtung und Geschwindigkeit) in der freien Atmosphäre vor. Die Ergebnisse dieser Messungen werden von dem Aeronautischen Observatorium Lindenberg und der Wetterdienststelle Frankfurt a. M. gesammelt sowie in Form von Sammeltelegrammen an die verschiedenen Wetterdienststellen telegraphisch verbreitet. Bis gegen 10 Uhr vormittags sind die Dienststellen im Besitz dieser Nachrichten, so daß deren Ergebnisse beim Wetterdienst Berücksichtigung finden können.

Der Präsident der internationalen Kommission für wissenschaftliche Luftfahrt, Geheimrat Hergesell, hat den Plan gefaßt, auf Grund der Beschlüsse der Konferenz für wissenschaftliche Luftfahrt (Wien 1912) ein internationales Netz von Pilotballonstationen ins Leben zu rufen; aus naheliegenden Gründen ist es für die Erforschung der Windverhältnisse in der Atmosphäre unbedingt erforderlich, solche Messungen über sehr große Gebiete (etwa den europäischen Kontinent mit den angrenzenden Meeren, Amerika usw.) auszuführen, und zwar nicht nur in den erdnahen Schichten, sondern in großen Höhen. Bei den Frühmorgenaufstiegen wird in erster Linie Rücksicht auf den täglichen Wetterdienst genommen; langandauernde Pilotballonvisierungen können daher nur selten vorgenommen werden. Geheimrat Hergesell schlägt nun weiter vor, gemäß dem Beschlusse der Wiener Konferenz die Zeit des Aufstieges auf einen etwas späteren Termin, zwischen 11 und 1 Uhr, zu verlegen.

Da nun seitens der Staatsregierung Mittel für die Frühmorgenaufstiege bewilligt werden, so würde es große Schwierigkeiten haben, weitere Mittel für einen zweiten Aufstieg zu erhalten.

Im Interesse der Sache gestatte ich mir, die Wissenschaftliche Gesellschaft für Flugtechnik zu bitten, einen empfehlenden Beschluß für die Ausführung dieser Pilotballonmessungen herbeizuführen, damit dieser den zuständigen Ministerien unterbreitet werden kann.

Die Versammlung beschließt in diesem Sinne, und der Vorstand der Gesellschaft wird ermächtigt, das weitere zu veranlassen.

Luftfahrt und Mechanik.

Von

Dr.-Ing. A. Pröll-Danzig.

Als vor etwa Jahresfrist die wissenschaftliche Gesellschaft für Flugtechnik gegründet wurde, da war dies der leitende Gedanke: es sollte die wissenschaftlich-theoretische Forschung auf dem Gebiete der Luftfahrtechnik durch die neue Gesellschaft eine besondere Pflege erfahren. Man hatte in der damals eben eröffneten „Ala“ ein eindrucksvolles Bild gewonnen von alledem, was die rastlose Tätigkeit der Erfinder und Konstrukteure in dem neuen Zweige der Technik hervorgebracht, was Luftschiffer und Flieger selbst an bislang unerhörten Rekordleistungen geboten hatten. Das waren in der Tat ins Auge fallende großartige Erfolge der Praxis, neben denen freilich die Ergebnisse der theoretischen Forschung recht unansehnlich erschienen. Die Theorie hinkte mühselig nach, wo das fertige Flugzeug mit Windesschnelle voraneilte. Eine wissenschaftliche Gesellschaft, für Flugtechnik war darum ein Bedürfnis in einer Zeit und bei einer Fachrichtung, die großenteils nach praktischen Gesichtspunkten zu rechnen und zu bauen gewohnt war.

Wir dürfen aber dabei zweierlei nicht vergessen: einmal, daß auch eine nach logischen Gesetzen arbeitende Praxis durchaus den Namen Wissenschaft verdient, zweitens aber, daß auch schon eine sehr ansehnliche wissenschaftliche Arbeitsleistung auf unserm Gebiete vorliegt, wenn auch ihre Erfolge vielleicht nicht immer offen zutage treten.

Wenn wir uns nun ein neues Ziel stecken, so ist es zweckmäßig, auf das bisher Erreichte zurückzublicken. In diesem Sinne möchten auch die nachstehenden Ausführungen verstanden sein; es soll in ihnen versucht werden, an einer Reihe von Beispielen aus dem Gebiete der Luftfahrt zu zeigen, wie außerordentlich vielseitig ihre Beziehungen auch zur Theorie, im besonderen zur Mechanik sind, und wie diese Beziehungen auch schon bisher teils bewußt, teils unbewußt die Konstruktionen beeinflußt haben.

Wir werden dabei sehen, wie eine „gute“ Theorie mit der Praxis derart Hand in Hand arbeiten kann, daß durch neue Erfordernisse der Praxis auch der theoretischen Spekulation neue Gebiete eröffnet und neue Wege gewiesen werden, wie dann weiter die Theorie die praktischen Erfolge oder Mißerfolge zu erklären sucht und durch Hervorheben der leitenden Gesichtspunkte klaren Überblick schafft. Damit sind gewissermaßen hohe Warten gewonnen, von denen aus wiederum Ausblicke nach vorne möglich sind in das Neuland praktisch noch nicht erforschter Anwendungsbereiche.

Die Möglichkeit eines derartigen gedeihlichen Zusammenarbeitens von Theorie und Praxis wollen wir zuerst untersuchen an Beispielen aus der Hydromechanik, speziell der Aerodynamik. Hier sieht es allerdings auf den ersten Blick nicht allzu günstig aus für unsere Absicht, Theorie und Praxis einander zu nähern. Denn gerade für viele Gebiete dieses Faches gilt das Wort, das ein verstorbener Theoretiker einmal gesagt hat: „Die Hydrodynamik ist zu schön, um treu zu sein.“ Aber das ist ja es eben, was wir an einer „schlechten“ Theorie verwerfen müssen: ohne scharfe Selbstkritik können wir sie als wissenschaftlich nicht anerkennen, denn sie nützt zu nichts und führt irre. Der Kampf ums Dasein mit den Erfordernissen des praktischen Lebens legt auch der wissenschaftlichen Spekulation gewisse Fesseln an und zwingt sie, Überflüssiges oder Unsicheres über Bord zu werfen. Das ist eine erste gute Frucht der gegenseitigen Verständigung von Theorie und Praxis, und eine solche finden wir auch hier bei der Aerodynamik vor. Das praktische Bedürfnis war vorhanden, und die Theorie hatte sich dem anzupassen. Deutlich genug erkennen wir diesen Wandel bei einem Vergleich der Mechaniklehrbücher aus früherer Zeit und heute, vielleicht am schlagendsten an den die Aerodynamik behandelnden Kapiteln des Taschenbuches „Hütte“, und zwar das eine Mal in der 20. (1908), das andere Mal in der 21. Auflage (1911). In der ersteren finden sich nur ein paar praktische Formeln für den Winddruck, und das Wenige, was an Theorie geboten wird, ist entweder thermodynamischer und hydraulischer Art (Ausflußformeln, Rohrwiderstände) oder, soweit es die Widerstandsprobleme berührt, unzureichend oder gar unrichtig. Inzwischen hat die Flugtechnik ihren Siegeszug über die Welt angetreten, und in der neuen Auflage der „Hütte“ ist denn auch eine recht eingehende, gegen früher von Grund aus geänderte theoretische Darstellung gegeben, die sehr gut dem Stande der heutigen Aerodynamik gerecht wird.

Ganz besonders gilt das Gesagte von der wichtigen Theorie des Luftwiderstandes und des Auftriebes von flügelförmigen Tragflächen. Hatte man sich bisher in den wenigen aerodynamischen Anwendungen (Winddruck auf Gebäude, Luftwiderstand von Landfahrzeugen) mit den rohen Annäherungsformeln begnügen können, die Newton u. a. gegeben hatten, so änderte sich dies sogleich, als man den Luftwiderstand für aviatische Zwecke auszunutzen begann. Sehr bald zeigte da der praktische Versuch, daß die bisherigen Formeln durchaus versagten, und daß die Gesetze des Luftwiderstandes von ganz neuen Gesichtspunkten aus aufgestellt werden müßten. Es sei in dieser Hinsicht nur an die bekannten Trugschlüsse des Newtonschen Sinus-Quadratgesetzes erinnert, dessen Gültigkeit, bis vor wenigen Jahrzehnten kaum ernstlich bestritten, jeden dynamischen Flug unmöglich gemacht hätte.

Die Erfolge der reinen Theorie waren freilich auch kaum bessere. Die mathematisch so elegante Theorie der Potentialströmung in reibungsfreier Flüssigkeit versagte hier ganz, denn sie führte in allen Fällen gleichförmiger Bewegung auf den Widerstand Null. Auch die geniale Erweiterung dieser Theorie durch Helmholtz, der in der Einführung unstetiger Bewegung ein Mittel zur Aufstellung eines Widerstandsgesetzes auch in idealer Flüssigkeit fand, brachte dem Praktiker noch immer keine brauchbaren Zahlenwerte für seine Rechnungen.

Vor allem aber stellte auch die Helmholtzsche Theorie nur einen idealen Grenzzustand dar, der in einer wirklichen Flüssigkeit nicht stabil bestehen kann. Die in Wirklichkeit eintretenden Abweichungen und Umänderungen des Strombildes sind es aber gerade, welche für die Einsicht in den Widerstandsmechanismus und die Erscheinungen beim Fluge maßgebend geworden sind.

Erst auf Grund eingehender Versuche sowie neuer theoretischer Methoden fand man schließlich Wege, auf denen man der Erkenntnis der wirklichen Vorgänge näherkommen konnte.

Die Flugtechnik verlangt insbesondere eine zahlenmäßige Feststellung des Auftriebes gekrümmter Tragflächen bei horizontalem Fluge. Ein solcher Auftrieb ist aber auch in idealer wirbelfreier Flüssigkeit möglich, also ohne Vorhandensein eines direkten Widerstandes, nur muß dazu statt der früher allein bekannten einfachen Potentialströmung um den Tragkörper eine abgeänderte Strömung, die der sogenannten Zirkulation eingeführt werden. Der wirkliche Vorgang spielt sich nach dieser Anschauung etwa folgendermaßen ab:

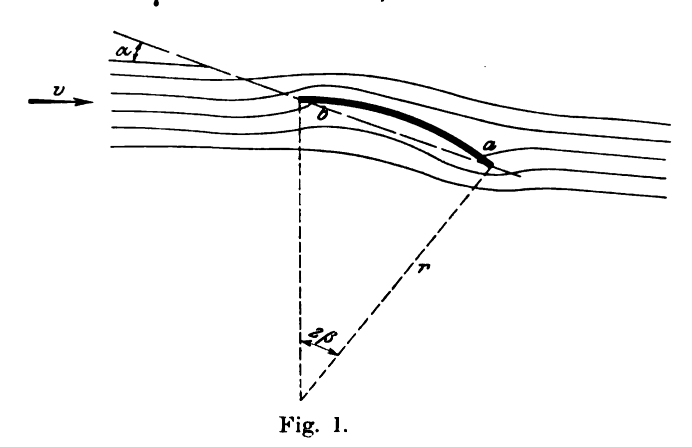


Fig. 1.

Die Strömung um einen Widerstandskörper, z. B. um eine kreisbogenförmige Tragfläche (Fig. 1), erfolgt im ersten Augenblick (unter dem Einfluß von Potentialkräften) tatsächlich als gewöhnliche Potentialströmung. Bei dieser entstehen aber theoretisch unendlich große Geschwindigkeiten an den Kanten. Wegen der Reibung und Zähigkeit des Mediums bilden sich jetzt in der Umgebung von Stellen, an denen die Geschwindigkeitsgradienten sehr groß werden, in den „Grenzschichten" Wirbel aus, die sich ablösen und mit der Flüssigkeit fortwandern. Diese Erscheinung hat nun aber eine vollständige Änderung der einfachen Potentialbewegung zur Folge. Mit den losgelösten Wirbeln wandert auch ein gewisses Wirbelmoment ab, zu dessen Kompensation um den Widerstandskörper eben jene Zirkulationsströmung sich einstellen muß. Als solche bezeichnet man allgemein eine Potentialströmung in geschlossenen Kurven um ein Hindernis herum, deren Eigenschaften aber wesentlich verschieden sind von denen einer reinen Wirbelbewegung. Denn während bei dieser der Quotient aus der Tangentialgeschwindigkeit w und dem Abstand r vom Wirbelkern konstant ist, $\frac{w}{r} =$ const, ist bei der Zirkulationsbewegung das Produkt $w \cdot r =$ const. Nebenbei bemerkt, ist dies dasselbe Produkt, das bei allen achsensymmetrischen Strömungen mit Energieumsatz (Kreiselräder, Ventilatoren, Propeller usw.) eine entscheidende Rolle spielt.

Die nun eingetretene Zirkulationsströmung überlagert sich der ursprünglichen parallelen Potentialströmung in der Weise, daß eine neue kombinierte Strömung entsteht, die einen Auftrieb des Widerstandskörpers zur Folge hat. Bekannt ist das Bild (Fig. 2) einer solchen kombinierten Strömung um einen einfachen Pol. Denkt man sich mit diesem eine Anzahl gekrümmter Schaufeln oder etwa die Trag-

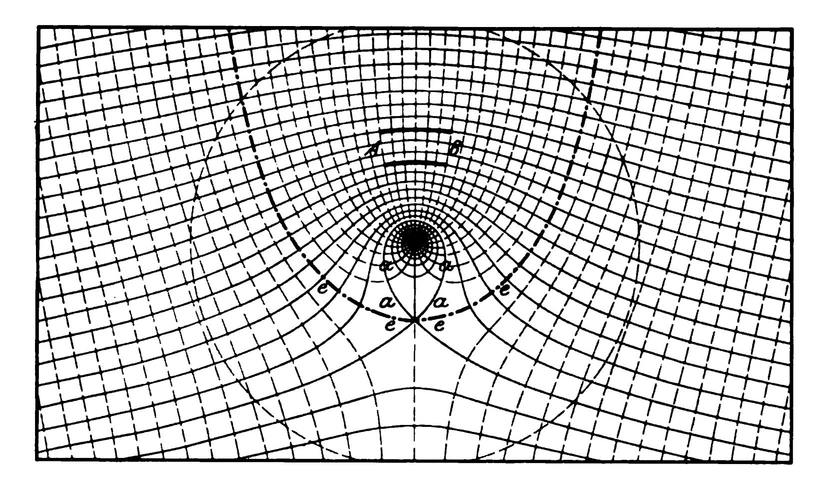


Fig. 2.

flächen AB eines Doppeldeckers verbunden, so ist deutlich zu erkennen, wie die Strömung beim Eintritt nach oben, beim Austritt nach unten abgelenkt wird. In beiden Fällen entstehen aufwärts gerichtete Impulse, die sich addieren. Man erkennt auch deutlich die Verdichtung der Stromlinien oben, die größere Distanz derselben unten, also vergrößerte Geschwindigkeit und kleinerer Druck an der Oberseite, geringere Geschwindigkeit und größerer Druck an der Unterseite der Tragflächen. Ist wie oben $w r = c$ die sogenannte Zirkulationskonstante, ρ die Dichte der Luft und V die parallele Fluggeschwindigkeit im ungestörten Luftraum, so ist der Auftrieb $= 2 \pi V c \rho$. Kutta[1]) ist nun von dieser allgemeinen Betrachtung ausgegangen und hat das Entstehen und Ablösen der Wirbel (also den Vorgang, der von den Zähigkeitseigenschaften der Flüssigkeit herrührt) ausgeschieden und nur die Wirkung dieses Vorganges betrachtet: d. h. die Zirkulationsströmung wird als schon bestehend angenommen. Nun wurde mit den Gesetzen der idealen Flüssigkeit die kombinierte Strömung zunächst um einen Kreiszylinder ermittelt und diese darauf durch geschickte Anwendung der aus der Mathematik bekannten Methode der konformen Abbildung auch auf andere Widerstandskörper (Tragflächenprofile) übertragen. Freilich mußten diese Profile ebenso wie der ursprüngliche Kreiszylinder in senkrechter Richtung zur Strömung als unendlich ausgedehnt angenommen werden, weil nur so (also in einem zweifach zusammenhängenden Bereich) die Bedingungen für das Entstehen einer Zirkulationsströmung gegeben sind. Doch nähern sich in der Anwendung die

[1]) Kutta, Über eine mit den Grundlagen des Flugproblems in Beziehung stehende zweidimensionale Strömung. Sitzungsberichte der bayr. Akademie d. Wissenschaften 1910.

seitlich meist sehr ausgedehnten Aeroplanflächen in erheblichem Maße dieser Forderung.

Auf diese Weise fand sich für den Auftrieb einer kreisbogenförmigen Tragfläche (Fig. 1) auch wieder der Ausdruck $2 \pi \rho V c$; die Zirkulationskonstante c bestimmt sich aber aus der Bedingung eines glatten Strömungsverlaufes an der

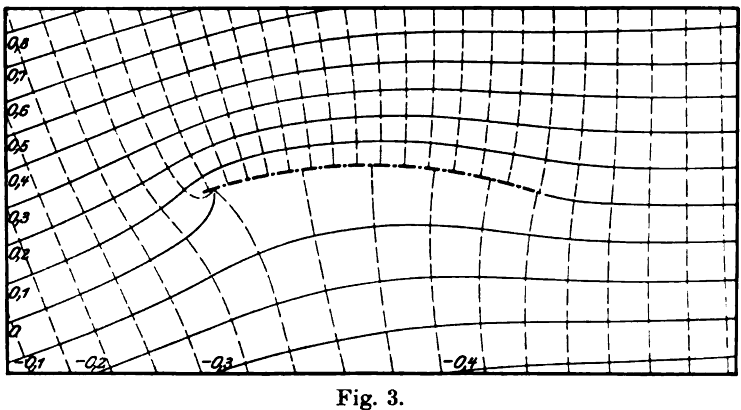


Fig. 3.

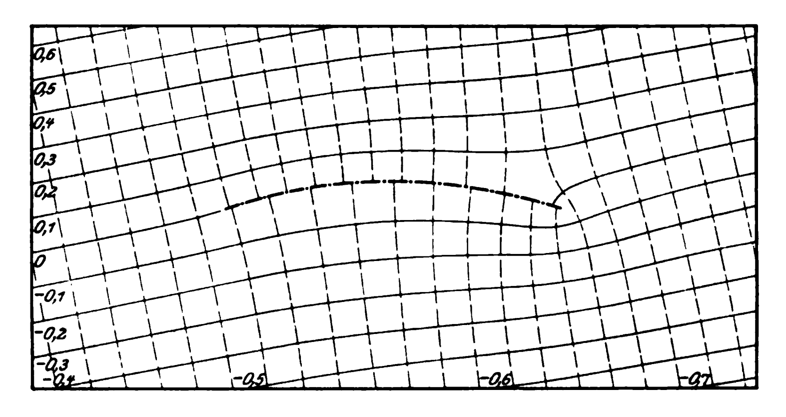


Fig. 4.

Hinterkante (ohne unendliche Geschwindigkeiten) zu $c = 2 V r \sin \beta \sin (\beta + \alpha)$, und das Strömungsbild sieht jetzt etwa so aus wie Fig. 3. Man beachte auch hier wieder das enge Zusammenrücken der Stromlinien oben und das Auseinanderrücken unterhalb der Tragfläche im Gegensatz zu der Strömung ohne Zirkulation (Fig. 4). Freilich ist an der Vorderkante die Geschwindigkeit noch immer unendlich groß, eine theoretische Abstraktion, die man vermeiden kann durch das bekannte, auch praktisch jetzt immer angewendete Mittel einer Verdickung der Vorderkante.

Berechnet man schließlich nach dieser Kuttaschen Theorie Geschwindigkeit und Druckverteilung in der Umgebung der Tragfläche, so erhält man in der Tat Werte, die den experimentell festgestellten im allgemeinen recht gut entsprechen,

gleicherweise wie auch die Auftriebsrechnung mit den Versuchsergebnissen befriedigend übereinstimmt (vgl. Fig. 5)[2]).

Wir haben hier an einem Beispiel gesehen, wie die rationelle Theorie klare Einblicke in das Wesen einer Erscheinung zu vermitteln vermag. Daß diese Theorie aber bei weiterer Ausbildung auch praktische Erfolge zeitigen wird, kann man nach vielversprechenden Ansätzen (wie sie unter anderen von Blasius[3]) gegeben wurden) wohl erwarten. Hierher gehört z. B. die theoretische Entwickelung günstiger Flügelformen für die obere und untere Bespannung der Tragflächen, womit gleichzeitig auch schon praktisch brauchbare Querschnitte der Flügel von selbst erhalten werden. Aber die Theorie enthält noch mehr, sie gestattet auch in gehöriger Selbstkritik, die Lücken zu erkennen, die noch vorhanden sind, und die sich aus dem oben Gesagten von selbst ergeben: Dort, wo die Geschwindigkeitsgradienten groß sind, wird auch der Einfluß von Oberflächenreibung und Zähigkeit stark hervortreten. Da kann naturgemäß die ideale Potentialströmung kein zutreffendes Bild der Erscheinungen mehr liefern. Hier stehen aber einer mathematischen Darstellung des physikalischen Vorganges, die alle Gebiete der Strömung gleichzeitig umfassen soll, unüberwindliche Hindernisse entgegen. Es war daher ein glücklicher Gedanke von Professor Prandtl[4]), Vorgänge dieser Art, die sich in den Grenzschichten abspielen, auszuscheiden von der Potentialströmung in der weiteren Umgebung der Tragfläche. In den Gebieten mit großem Geschwindigkeitsgradienten, und zwar dort, wo sich die kinetische wieder in Druckenergie umsetzen soll, verfolgt Prandtl das Entstehen der Ablösung in den Grenzschichten. Er zeigt, wie dabei eine Wirbelschicht sich bildet, die dann, weil sie ein labiles Gebilde darstellt, in bestimmter Weise in einzelne selbständige Wirbel zerfällt.

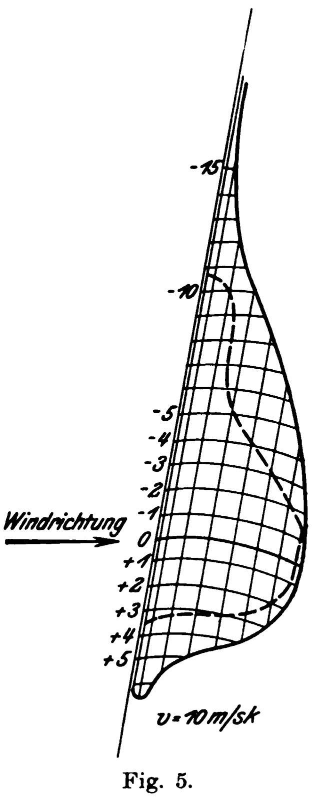


Fig. 5.

Die Theorie von Prandtl gestattet also eine ungezwungene Erklärung und rechnerische Verfolgung allerdings nur für das erste Anfangsstadium der Wirbelablösung und damit für die Umwandlung der ursprünglichen einfachen

[2]) Die Figuren 3, 4 und 5 sind der Abhandlung von Dr. Deimler entnommen: „Zeichnungen zur Kutta-Strömung", Zeitschrift für Flugtechn. u. Motorluftschiffahrt 1912. In Fig. 5 gibt die gestrichelte Linie den Druckverlauf nach den Versuchsergebnissen von Eiffel wieder, während die ausgezogene Umrißlinie die theoretische Druckverteilung darstellt.

[3]) Blasius, „Stromfunktionen symmetrischer und unsymmetrischer Flügel in zweidimensionaler Strömung", Zeitschr. f. Mathematik u. Physik, Bd. 59, S. 225.

[4]) Prandtl, Über Flüssigkeitsbewegungen bei sehr kleiner Reibung. Verh. d. III. Internationalen Mathematikerkongresses in Heidelberg 1904, Leipzig 1905.

Potentialströmung. Von Kármán[5]) hat dann für einen besonders einfachen Fall die eigenartige Periodizität dieser Ablösungserscheinung verfolgt und auf theoretischem Wege Ergebnisse erzielt, die in bester Weise übereinstimmen mit den experimentellen Untersuchungen. Wenn auch die Anwendung dieser schönen theoretischen Arbeiten vorläufig noch auf zweidimensionale Strömungen beschränkt ist, so erkennen wir doch hierin schon einen großen Fortschritt gegen früher. Diese neue theoretische Aeromechanik ist auf dem besten Wege, selbständig die Erscheinungen der Wirklichkeit zu verfolgen, sie zu erklären und zum Teil wenigstens auch voraus zu berechnen.

Allerdings ist gerade hier zu betonen, wie sehr das wissenschaftliche Experiment für die weitere Forschung unentbehrlich bleibt. Dem Versuch wird es immer vorbehalten bleiben, die Lücken unserer theoretischen Kenntnisse besonders in quantitativer Beziehung auszufüllen, brauchbare Zahlenwerte dort zu schaffen, wo die Theorie allein nicht genügt, weil sie in alle Feinheiten der Vorgänge nicht einzudringen vermag.

Die Theorie wird aber mittelbar auch hier ihre Dienste leisten, indem sie die Gesichtspunkte für eine zweckmäßige und fruchtbare Anstellung des Experimentes angibt.

Auf einem verwandten Gebiete hat aber die Theorie die Luftfahrt auch schon direkt gefördert. Betrachten wir noch einmal das Bild Fig. 2; da sind gestrichelte Linien zu sehen, welche Kurven gleichen Geschwindigkeitspotentials darstellen. Kehren wir die Strömung um, d. h. machen wir die Äquipotentiallinien jetzt zu Stromlinien (und die früheren Stromlinien zu Äquipotentiallinien), so haben wir eine Parallelströmung von unten nach oben erhalten, in die eine Quelle gesetzt ist. Als solche bezeichnet man in der Hydromechanik eine Stelle, aus der nach allen Seiten gleichmäßig Flüssigkeit hervorquillt, während im Gegensatz dazu die Senke eine Stelle ist, in der Flüssigkeit verschwindet. Das Ergebnis einer solchen Kombination in Fig. 2 ist die in gestrichelten Linien gezeichnete Strömung, die sich deutlich durch die Linie ee in zwei Teile scheiden läßt. Wir haben gewissermaßen eine Innenströmung innerhalb ee und eine Außenströmung, die einen sogenannten „Halbkörper" (Halbmodell eines Luftschiffes) in gesetzmäßiger Weise umfließt.

Von diesem einfachen Gedankengang ausgehend, haben Professor Prandtl und Dr. Fuhrmann[6]) die Theorie und Konstruktion günstiger Luftschiffmodelle (Fig. 6 und 7) entwickelt, wobei Kombinationen einer solchen Parallelströmung mit Systemen vom Quellen und Senken in besonderer Anordnung verwendet wurden[7]). Was damit erreicht worden ist, wie insbesondere die Modellversuche

[5]) v. Kármán u. Rubach, Über den Mechanismus des Flüssigkeits- und Luftwiderstandes, Physikal. Zeitschr. 1912, S. 49.

[6]) Prandtl u. Fuhrmann, Mitteilungen aus der Göttinger Versuchsanstalt. Zeitschr. für Flugtechnik und Motorluftsch., Jahrg. 1, S. 61. — Dr. Fuhrmann, Theoretische und experimentelle Untersuchungen an Ballonmodellen. Jahrbuch der Motorluftschiff-Studiengesellschaft 1912.

[7]) In Fig. 6 ist das Stromsystem für die Ermittelung eines derartigen Stromlinienkörpers angegeben (Kombination einer Parallelströmung mit einer punktförmigen Quelle und linearer Senke von gleicher Ergiebigkeit); Fig. 7 zeigt die Kurven der theoretisch und experimentell

durchaus die Zweckmäßigkeit dieser Konstruktionsmethoden erwiesen haben, ist in verschiedenen Vorträgen und Veröffentlichungen niedergelegt worden. Es möge daher genügen, wenn auch auf diesen so engen Zusammenhang der mechanischen Theorie mit der Praxis hingewiesen wird.

Im Anschluß hieran sei dann noch einer weiteren Anwendung mechanischer Gesetze Erwähnung getan: nämlich der Theorie der mechanischen Ähnlichkeit und der Modelle. Auch hier handelt es sich um eminent praktische Ziele der theoretisch-experimentellen Forschungstätigkeit, die im einzelnen zu besprechen an dieser Stelle nicht möglich ist. Es erübrigt sich dies auch, da die praktischen Arbeiten der wenigen aerodynamischen Versuchsanstalten, wie z. B. die Untersuchung des Widerstandes von Luftschiff- und Tragflächenmodellen, doch ziemlich allgemein bekannt und gewürdigt sind. Daneben stehen aber auch manche Probleme von zunächst lediglich theoretischem Interesse auf dem Arbeitsprogramm dieser Anstalten, Probleme der Mechanik, die in Verknüpfung mit Fragen der Luftfahrt für die Zukunft wohl praktische Bedeutung gewinnen können.

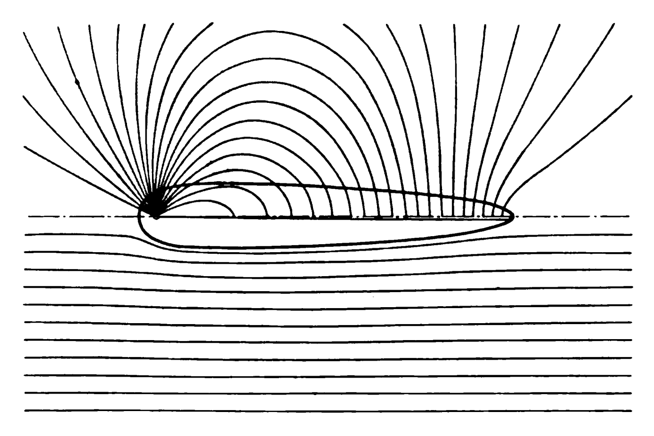


Fig. 6.

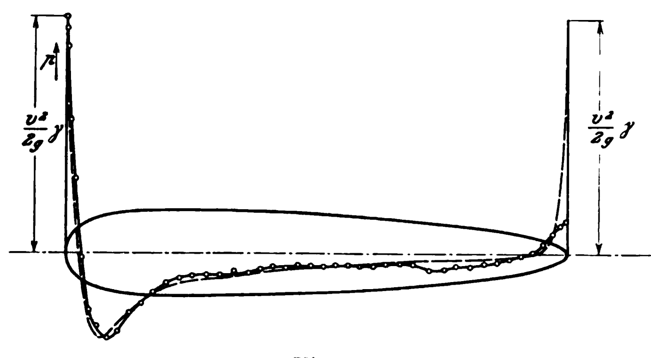


Fig. 7.

Auf eine dieser Fragen soll bei dieser Gelegenheit noch hingewiesen werden. Es ist theoretisch wie praktisch wichtig, zu wissen, wie weit eigentlich das Modellgesetz zu Recht besteht, d. h. wie lange und unter welchen Verhältnissen auch mechanische Ähnlichkeit zweier geometrisch ähnlicher Systeme vorhanden ist. Es ist klar, daß unmöglich alle Bedingungen erfüllt sein können, wenn nur die geometrische Ähnlichkeit der Widerstandskörper gewahrt bleibt, während ihre Massen- und Gewichtsverhältnisse sowie auch die Zähigkeitseigenschaften des

---

ermittelten Drücke entlang eines Meridianschnittes. (Aus der Göttinger Versuchsanstalt, Dr. Fuhrmann, siehe Fußnote 6.) Die eigentlich nur am hinteren Ende in nennenswertem Maße erkennbare Verschiedenheit im Verlauf der Kurven erklärt sich durch das Auftreten der im hinteren Teile abgelösten Wirbel. Hierin liegt die Hauptursache des (Form-)Widerstandes.

gemeinsamen Mediums keine entsprechenden Änderungen erfahren haben, solange also Modell und Original im gleichen Medium (Luft) untersucht werden. Die Theorie der Modellversuche hat darum zuerst die Bedingungen aufzustellen, unter welchen vergleichbare Zustände überhaupt auftreten können. Es sind in dieser Beziehung bemerkenswerte Ansätze von verschiedenen Forschern gegeben und durch Versuche bestätigt worden; sie alle fußen auf der von Reynolds aufgestellten und später von Rayleigh erweiterten Regel, daß es mit Rücksicht auf die Zähigkeit des Mediums anzustreben sei, das Produkt aus Längen- und Geschwindigkeitsverhältnis bei Modell und Original gleich zu halten, sofern es sich in beiden Fällen um dasselbe Medium (Luft) handelt. Die praktischen Schwierigkeiten, welche diese Regel für die Ausführung der Modellversuche zur Folge hätte, könnte man zum Teil wenigstens durch Verwendung verschieden zäher Flüssigkeiten für Modell und Original umgehen. Bisher sind allerdings die wichtigsten praktischen Erfolge auf dem Gebiete der Widerstandsfragen auch ohne Beachtung dieser Regel erhalten worden. Dabei wurde in gleicher Weise wie bei den Schleppversuchen in den Schiffsschlepprinnen das quadratische Widerstandsgesetz bezüglich der Geschwindigkeit und die Proportionalität mit den Flächen zugrunde gelegt. Allerdings scheinen die wachsenden Werte, die z. B. Eiffel[8]) für den Widerstandskoeffizienten mit zunehmender Flächengröße erhält, auf einen recht merklichen Einfluß der Zähigkeit zu deuten. Von Interesse sind in dieser Hinsicht auch die Feststellungen Stantons[9]), nach denen die Berücksichtigung der Reynoldschen Regel weit bessere Übereinstimmung der berechneten und beobachteten Widerstände von Luftschiffmodellen ergeben hätte.

Sehr wünschenswert und dankbar wäre zur weiteren Klarlegung dieser Verhältnisse eine genaue experimentelle Untersuchung mit geometrisch ähnlichen Körpern und Flächen von stufenweise vergrößerten Abmessungen. Auf jeden Fall aber ist von einem weiteren Ausbau der Theorie der mechanischen Ähnlichkeit noch manche wichtige Anregung für die Praxis zu erwarten. Von einer anderen, besonders interessanten Anwendung dieser Theorie auf die Untersuchung von Stabilitätseigenschaften wird noch die Rede sein.

Zu den aerodynamischen Problemen, die einer praktischen Lösung noch entgegensehen, und die dafür erst einer wissenschaftlichen Durcharbeitung bedürfen oder jedenfalls durch eine solche sehr gefördert werden könnten, gehört noch die Frage der Schwingen- und Schraubenflugzeuge, die Untersuchung der Bedingungen für den Segelflug u. a. mehr.

Mit dem Schraubenflugzeug wird außerdem ein Kapitel berührt, das von jeher die Theoretiker besonders anzog: die Frage der Propulsion durch Luftschrauben. Es genügt, einige Namen von Forschern zu nennen: Bendemann, Prandtl, Reißner, Drzewiecki: wer einmal die umfangreiche Literatur durchgesehen hat, wird wissen, welche Fülle theoretisch und experimentell gleich wichtigen Materials sich mit diesen und anderen Namen verbindet; er findet

---

[8]) Eiffel, La résistance de l'air et l'aviation. Paris 1910.

[9]) Stanton, The law of comparison for surface friction and eddy-making resistances in fluids. (Trans. Inst. of Naval Architects 1912.) Vgl. auch Technical report of the advisory Committee for Aeronautics, 1910—1911 und Engineering 1912, S. 437.

dabei reichlich Beispiele für die Umsetzung theoretischer Arbeit in praktischen Erfolg.

Auch hier freilich war eine gedeihliche Entwickelung der Theorie so lange nicht möglich, als man mehr oder weniger mathematische Untersuchungen über eine willkürlich angenommene Gesamtströmung im „Schraubenstrahl" in den Vordergrund stellte. Von unzulänglichen Voraussetzungen ausgehend, verleiteten sie oft zu Fehlschlüssen. Andererseits hatte man auch vielfach Betrachtungen der Geschwindigkeiten und Kräfte am Elemente eines Schraubenflügels angestellt, die Ergebnisse aber in physikalisch unrichtiger Weise auf den ganzen Propeller übertragen. So gab es je nach dem Standpunkt eine ganze Reihe verschiedener Propellertheorien. Keine war die richtige, aber fast jede zeitigte doch ein oder das andere praktisch brauchbare Ergebnis.

Erst als man in der Aerodynamik gelernt hatte, die physikalischen Voraussetzungen richtig zu werten und zu benutzen, konnte eine rationelle Theorie der Luftpropeller begonnen werden. Wir sind noch nicht weit auf diesem Wege, aber die Anfänge sind jedenfalls vielversprechend.

Ein Ergebnis der Theorie verdient noch hervorgehoben zu werden: die Untersuchung der Wirksamkeit von Propellern bei verschiedenen Betriebsbedingungen[10]. Sie führt zu der praktischen Forderung: Es kommt weniger darauf an, die Schraube besten Wirkungsgrades zu bauen, als darauf, daß Motor und Propeller einander angepaßt werden; sie bilden dann ein gemeinsames System besten Wirkungsgrades für eine gegebene Fluggeschwindigkeit und Zugkraft. Früher hatte man dies nicht so erkannt, da kam es denn wohl vor, daß man dem Motor eine für seine günstigste Tourenzahl gar nicht passende Schraube aufzwang und sich dann wunderte, warum der Propeller nicht „auf Touren kam" oder der garantierte gute Wirkungsgrad ausblieb.

Verlassen wir nun die Aeromechanik und sehen wir zu, welche Beziehungen in einem andern Zweige der technischen Mechanik, in der Festigkeitslehre, zu der Luftfahrt bestehen. Sie liegen klar vor Augen: die Aufgabe der Mechanik ist es, die Festigkeit unserer Konstruktionen zu gewährleisten. Dazu sind die äußeren Kraftwirkungen, denen das Luftfahrzeug ausgesetzt ist, festzustellen, weiter sind die Materialbeanspruchungen danach zu berechnen und auf ihre Zulässigkeit zu prüfen; endlich sollen auch die elastischen und bleibenden Formänderungen ermittelt und durch geeignete Formgebung der Konstruktionsteile auf ein zulässiges Maß beschränkt werden.

Bei der hohen Entwickelung der technischen Elastizitätslehre scheint es zunächst, als habe hier die Theorie ein besonders dankbares Feld zur Betätigung. Umso auffallender ist es, daß bis vor kurzem eigentlich so gut wie nichts in dieser

---

[10]) Ein schönes Beispiel zu unserem Thema bilden die Versuche, die Dorand in Frankreich auf Flugzeugen zur Bestimmung von Schraubenzug und Leistung während des Anfahrens und in voller Fahrt bei verschiedenen Verhältnissen ausgeführt hat. Die in der „Technique aéronautique" 1911 veröffentlichten Originaldiagramme und die daraus berechneten Schraubenwirkungsgrade und Schubkurven eignen sich vorzüglich zu theoretischen Rechnungen. Auch werden durch die gefundenen Propellerschübe (= Gesamtwiderstand des Flugzeugs) verschiedene Modellversuche aufs beste bestätigt, die Eiffel mit vollständigen Flugzeugmodellen ausgeführt hat.

Beziehung geschehen ist. Man baute Luftschiffe und Flugzeuge fast nur nach praktischem Gefühl (Beispiel: der alte Wright-Apparat!). Erst die zahlreichen Unfälle zwangen zu einer Berechnung einzelner wichtiger Teile. Man hatte sich ja anfänglich auch nur auf „Gut-Wetter-Fahrten" beschränkt und konnte für solche Fälle ja wohl noch den unberechneten Apparat riskieren. Als man sich aber mit ihm hinauswagte in die Sturmböen, als immer größere Geschwindigkeiten und Kräfte nötig wurden, da ging es nicht mehr in der bisherigen Weise.

Eine solche Entwickelung ist vielleicht begreiflich. Der Ingenieur war gewohnt, mit Eisen und Stahl als Konstruktionsmaterial zu rechnen, nicht aber mit den anscheinend so gebrechlichen Aluminium- oder Holzgestellen, mit Ballon- und Aeroplanstoffen. Verhältnismäßig bekanntes Gebiet hatte man eigentlich nur bei dem Gerippe der starren Luftschiffe, wenn auch die Festigkeitseigenschaften der verwendeten Materialien (Aluminium, Holzfourniere wie bei Schütte-Lanz) im großen noch unbekannt waren und eingehender neuer Versuche bedurften. Aber die statische Berechnung konnte sich doch im großen und ganzen an die bekannten Methoden des Eisenhochbaues und des Schiffbaues halten. Die Erfahrung hat diesen Berechnungen recht gegeben. Verschiedene ernste Unfälle, bei denen die Z-Schiffe und auch „Schütte-Lanz" vorzüglich standgehalten haben, zeigen, daß es bei gründlicher theoretischer Durchbildung sehr wohl möglich ist, so große Gerippe fest und dabei doch leicht genug zu bauen.

Viel ungünstiger lagen die Verhältnisse für die Berechnung und Konstruktion der unstarren Luftschiffe. Eine neue Festigkeitslehre für solche Konstruktionen mußte erst geschaffen werden. Bekannt sind hier die Arbeiten von Prof. M. Weber[11]) über Beanspruchungen von Ballonhüllen. In allerjüngster Zeit ist ein weiterer wichtiger Beitrag hierzu von Haas und Dietzius[11]) geliefert worden. Die Stoffbeanspruchungen und Deformationen, die sich in sehr unangenehmen Knicken, Verbiegungen u. dgl. bei großen unstarren Luftschiffen bemerkbar machten, gaben Anlaß zu diesen schönen experimentellen und theoretischen Untersuchungen, durch die wir nun besser gelernt haben, unstarre Luftschiffhüllen mit genügender Sicherheit zu berechnen. Durch derartige eingehende Voruntersuchungen können dann wohl auch solche Katastrophen vermieden werden, wie sie sich z. B. vor einigen Jahren beim Luftschiff „Erbslöh" durch Platzen der Hülle ereigneten. Die umfangreiche Diskussion[12]) dieses Unfalles ließ hinterher die Ursachen erkennen. Damals freilich kamen leider die Untersuchungen zu spät; fünf Menschenleben waren der teure Preis, der für diese in der Folge wichtigen Erkenntnisse bezahlt werden mußte.

Bei Luftschiffen ist hauptsächlich der statische Überdruck im Innern der Hülle im Zusammenhang mit der angehängten Last für die Festigkeitsbeurteilung wesentlich; natürlich können daneben auch dynamische Spannungen durch den Fahrtwiderstand sowie durch Bewegungen in der Gasmasse entstehen. Die Festigkeit des Flugzeuges hinwieder wird durch ganz andere Kräfte beansprucht,

---

[11]) M. Weber, Die Beanspruchung der Hüllen von Prall-Luftschiffen und Mittel zur Herabminderung der Gefahr des Platzens, Deutsche Luftfahrerzeitschrift XVI, 1912, Seite 244 ff.; ferner Dr.-Ing. Haas und Dipl.-Ing. Dietzius, Stoffdehnung und Formänderung der Hülle von Prall-Luftschiffen (Luftfahrt und Wissenschaft, Heft 5).

[12]) Vgl. Deutsche Zeitschrift für Luftschiffahrt 1910, 1911.

für deren Erkenntnis und Berechnung eine ganze Reihe von Gesetzen der Dynamik zur Anwendung kommt. Auch hier ist man zu einer eingehenden Betrachtung erst durch die wachsende Zahl der Unfälle veranlaßt worden. Meistens sind solche auf zu schwache oder unzweckmäßige Konstruktionen zurückzuführen, auch sind zufällig sich addierende ungünstige Belastungen beim Flugzeug mehr als anderswo zu befürchten. Schon beim normalen geradlinigen Flug ist die Beanspruchung der Tragflächen eine ziemlich verwickelte, die Kuttasche Theorie ergibt aber in guter Übereinstimmung mit den Modellversuchen die Druckverteilung auf die Flügel für diesen normalen Fall (vgl. Fig. 5). Andere Verhältnisse treten dagegen ein beim Kurvenflug, beim Gleitflug, bei der Landung, unter Einwirkung von Böen. Wie alle diese verschiedenen Möglichkeiten von gemeinsamen Gesichtspunkten aus betrachtet werden können, hat Professor Reißner bei der letzten Tagung der W. G. F. in Frankfurt gezeigt, indem er einfache Rechnungsgrundlagen für einen ersten Ausbau einer Festigkeits- und Konstruktionslehre des Flugzeuges gab[13]). In diesem Referat, in dem fast alle denkbaren Arten von Beanspruchungen in anschaulicher Weise auf Vielfache des Eigengewichtes zurückgeführt werden, prägt sich ganz besonders die Unentbehrlichkeit der Mechanik für die Flugtechnik aus. Umgekehrt aber kann man auch sagen, daß die Mechanik selbst durch diese flugtechnische Anwendung eine Bereicherung erfahren hat; die Reißnersche Arbeit ist geradezu eine Fundgrube für Aufgaben aus der technischen Mechanik, und zweifelsohne wird der weitere Ausbau noch eine ganze Reihe von neuen, leichteren und schwereren mechanischen Problemen bringen. Aber auch für den Bau der Flugzeuge gewinnt man durch Eingehen auf die Mechanik der wirksamen Kräfte neue wertvolle Gesichtspunkte. Die konstruktive Ausgestaltung der Hauptteile, die Berechnungen der Verspannungsorgane, der evtl. so wünschenswerte Ersatz der leidigen Spanndrähte samt den vielbesprochenen Ösen, das alles wird in rationeller Weise erst möglich auf Grund einer genauen Untersuchung nach den Regeln der Mechanik[14]).

Es bleiben noch die Beziehungen der Luftfahrt zu der Dynamik starrer Körper zu besprechen, von denen einige schon in den vorhergehenden Erörterungen gestreift worden sind. Noch andere finden wir z. B. beim Durchblättern der zahlreichen Broschüren und Patentschriften, die sich mit dem Schwingenflugzeug befassen. Sehen wir dabei zunächst von dem aerodynamischen Problem ab, dann bleibt noch die Art des Antriebes der Flügel übrig, die meistens in mehr oder weniger vollkommener Weise dem Vogel nachgeahmt werden soll. Hier hat die Kinematik ein Wort zu reden, und gewiß bietet sich für sie in der Untersuchung des Schlagflügelmechanismus ein an sich lohnendes Anwendungsgebiet; es lassen sich da die schönsten Geschwindigkeits- und Beschleunigungspläne zeichnen, die manche interessanten und oft überraschenden Aufschlüsse bieten werden. Für den Erfinder eines solchen Luftfahrzeuges müßten sie aber, wenn er sie nur aufzustellen und zu

[13]) Reißner, Über die Sicherheit im Flugzeug. Referat in der Hauptversammlung der W. G. F. in Frankfurt 1912.

[14]) In dem soeben erschienenen Buch von Prof. Baumann: „Mechan. Grundlagen des Flugzeugbaues“ (Sammlung Luftfahrzeugbau und Führung, Bd. 10 u. 11) haben wir einen weiteren sehr wertvollen Beitrag zu diesen Erörterungen.

deuten verstünde, in den allermeisten Fällen von abschreckender Wirkung sein, besonders dann, wenn er auch die Gesetze der Dynamik kennt, oder doch wenigstens „dynamisches Gefühl" für Massenwirkungen besitzt.

Wenn auf diesem Gebiete die theoretische Mechanik mehr dem Geiste gleicht, „der stets verneint", so würde ihre Kenntnis schon aus diesem Grunde vielfachen Nutzen stiften. Viel Geld und Mühe könnte bei richtiger dynamischer Wertung von kinematisch interessanten, aber sonst meist unausführbaren Erfindungsgedanken gespart werden.

In diesem Falle sehen wir allerdings auch, daß Modellversuche sogut wie nichts aussagen können über den Wert einer Konstruktion. Es ist ja nicht ausgeschlossen (und auch schon wiederholt gelungen), kleine Modelle von Schwingenflugzeugen zum Fliegen zu bringen; hier aber ist eben eine Übertragbarkeit des Modellversuches schon aus dynamischen Gründen ausgeschlossen, weil es nicht möglich ist, an der großen Ausführung das Eigengewicht bei gleicher genügender Festigkeit (auch in dynamischer Beziehung) entsprechend niedrig zu halten. Abgesehen davon sind aber auch die aerodynamischen Fragen bei der Schwingen- und Schlagflügelbewegung noch lange nicht genügend geklärt, der experimentellen wie der theoretischen Forschung steht hier noch ein weites, vielleicht nicht undankbares Feld offen.

Endlich möchte noch einer Reihe von Fragen gedacht werden, die für die Luftfahrt gleich wichtig wie für die Theorie interessant sind: ich meine die Fragen der Stabilität der Luftfahrzeuge. Es ist bekannt, wie gerade auf diesem Gebiete viele und gründliche theoretische Untersuchungen eingesetzt haben. Es handelt sich da um ein Kapitel der Luftfahrt, das einerseits in die theoretische Aerodynamik, andererseits in die Statik und Dynamik starrer Körper eingreift, bei dem daher eine theoretische Behandlung ganz besonders naheliegt und verhältnismäßig sicher durchführbar ist.

Die Untersuchungsmethoden sind bekannt. Entweder man berechnet die kleinen Schwingungen, die sich nach einer Störung des Gleichgewichtes einstellen, und untersucht ihren zeitlichen Verlauf. Dynamische Stabilität ist dann vorhanden, wenn die Schwingungsausschläge mit der Zeit abnehmen, wobei auch mit Rücksicht auf etwaige periodische Störungen (Böen) besonders die Geschwindigkeit des Abklingens zu beachten ist.

Oder man begnügt sich mit der Betrachtung der statischen Stabilität, wobei die Drehmomente berechnet werden, die bei einer Störung des Gleichgewichtes (Verdrehung des Fahrzeuges um endliche Winkel) auftreten. Stabil ist das Fahrzeug dann, wenn die entstehenden Drehmomente die ursprüngliche Gleichgewichtslage wiederherzustellen bestrebt sind. Die (viel zahlreicheren) Untersuchungen der dynamischen Stabilität führen durchweg auf recht verwickelte Systeme von Differentialgleichungen zweiter Ordnung. Für die erst wenig untersuchten statischen Stabilitätsverhältnisse können mit Vorteil auch zeichnerische Verfahren benutzt werden[15]. Beide Untersuchungsmethoden haben schon wichtige

---

[15]) Wieselsberger, „Statische Längsstabilität von Flugzeugen". Mitt. über Forschungsarbeiten 1912. Übrigens lassen sich verschiedene Aufgaben der dynamischen Stabilität recht gut auf zeichnerischem Wege lösen. Vgl. die gründliche Arbeit von Bothézat: „La stabilité des aéroplanes", Thèse, Paris 1911.

praktische Erfolge gezeitigt. So ist es mit ihrer Hilfe möglich, die Stabilitätsverhältnisse ausgeführter Flugzeuge nachzuprüfen, wenn es dazu auch sehr umständlicher Messungen bedarf; es lassen sich auch günstige allgemeine Anordnungen und Größenverhältnisse der Steuer- und Dämpfungsflächen vorherbestimmen sowie auch die notwendigen Bedingungen festlegen, die für eine praktisch zureichende Längs- und Seitenstabilität erfüllt sein müssen.

Bei Luftschiffen ist auch schon durch Modellversuche die Wirkung von Stabilitätsflächen erfolgreich untersucht worden[16]). Eine offene Frage ist es aber, ob und wieweit die Übertragung von Stabilitätsversuchen an Flugzeugmodellen zulässig ist. Eine solche Möglichkeit wäre von größtem Wert für die Untersuchung neuer Flugzeuge, deren Stabilitätseigenschaften ohne Lebensgefahr am Modell abgeändert bzw. verbessert werden könnten. Diese Frage ist schon vielfach erörtert worden. Zunächst ist wohl klar, daß, wenn das Model statisch stabil ist, auch das Original statische Stabilität besitzen wird, wenn nur die Kräfte und die gegenseitigen Abstände ihrer Richtungslinien bei Modell und Original im gleichen Verhältnis stehen. Es braucht dies nicht ohne weiteres der Fall zu sein, da es von vornherein nicht ausgemacht ist, ob Reibungs- und Zähigkeitskräfte im gleichen Verhältnis wie die Luftdrücke wachsen, wenn man vom Modell zum Original übergeht. Immerhin wird wohl bei gleicher Massenverteilung und Vergleichbarkeit auch der Gewichte (evtl. künstliche Beschwerung des Modells ohne Änderung seiner geometrischen Form) die statische Stabilität eines Flugzeuges aus den Modellversuchen genügend hervorgehen. Bei dem Vergleich der wesentlich wichtigeren dynamischen Stabilität begegnet man aber sofort einer Schwierigkeit: was kann denn eigentlich verglichen werden? Die Schwingungsfrequenz muß notwendigerweise verschieden sein, ebenso muß aber auch eine etwa periodisch einsetzende Störung für Modell und Original verschiedene Frequenz haben. In welchem Maßstab die Schwingungszeiten zu wählen sind, um als „ähnlich" verglichen werden zu können, das hängt wieder durchaus von den Ähnlichkeitsgesetzen ab. Diese sind aber für Flugzeugmodelle prinzipiell wenigstens von recht verwickelter Art. Weil diese Fragen in letzter Zeit häufig Gegenstand weitgehender Diskussionen gewesen sind, so sei ein kurzes Eingehen auf die wichtigsten Gesichtspunkte gestattet. Man hat es hier nicht wie bei Luftschiffmodellen nur mit Trägheits- und Zähigkeitswirkungen, sondern, ähnlich wie bei den Schiffsmodellen, auch noch mit Schwerewirkungen zu tun. In solchen Fällen gilt überhaupt kein Ähnlichkeitsgesetz, wenn Versuche in der gleichen Flüssigkeit (Luft) gemacht werden sollen; man müßte denn schon für den Modellversuch eine andere Flüssigkeit wählen, durch deren Zähigkeit im Vergleich zur Luft der Maßstab des Modells schon bestimmt wird. Praktisch käme hierfür wohl nur Wasser in Betracht. Seine sogenannte „kinematische" Zähigkeit (bezogen auf gleiche Dichte) ist bei mittleren Temperaturen 14 mal kleiner als bei der Luft. Damit ist zugleich ein bestimmter Modellmaßstab ($1 : \sqrt[3]{14^2} = 1 : 5{,}8$) festgelegt, das Modell müßte dann in Wasser

---

[16]) Mitteilungen aus der Göttinger Versuchsanstalt 1910, S. 161 (Zeitschr. f. Flugtechnik u. Motorluftschiffahrt Nr. 4. Fuhrmann: Verhalten von Ballonkörpern bei Schrägstellen).

ca. $2\frac{1}{2}$ mal so schnelle Schwingungen ausführen wie das Original in der Luft; ebenso müßte vergleichsweise die Schwingungsamplitude $2\frac{1}{2}$ mal schneller abklingen.

Abgesehen von den unbequem großen Modelldimensionen, die sich hierbei ergeben, ist es aber noch gar nicht gesagt, ob ein solches Verhältnis der Schwingungsfrequenzen zwischen Modell und Original erreichbar ist, solange allein geometrische Ähnlichkeit besteht. Tatsächlich besteht eine große Schwierigkeit darin, daß die Trägheitsmomente von Flugzeug und Modell, die ja mit der fünften Potenz der linearen Abmessungen wachsen, nicht in die allgemeinen Ähnlichkeitsbetrachtungen sich einfügen lassen. Gerade sie sind es aber, die für die dynamische Stabilität eine entscheidende Rolle spielen. Man müßte schon versuchen, durch veränderte Massenverteilung beim Modell unter Beibehaltung der geometrischen Ähnlichkeit die Trägheitsmomente entsprechend zu beeinflussen. Es würde dies freilich ein äußerst umständliches Verfahren darstellen, das zudem bei nicht allseitig symmetrischen Körpern doch nur für eine Achsenrichtung (also etwa für die Längsstabilität) ähnliche Verhältnisse schaffen könnte.

Diesen prinzipiellen Schwierigkeiten gegenüber treten nun glücklicherweise bei den Stabilitätsbetrachtungen der Flugzeuge die Zähigkeitseinflüsse in der Praxis stark zurück neben den Gewichts- und Trägheitswirkungen, so daß wir hier mit ähnlichen Verhältnissen wie bei den Schiffsschleppversuchen rechnen können. Wir dürfen dann nämlich mit guter Annäherung das Froudesche Gesetz der Ähnlichkeit (Gesetz der korrespondierenden Geschwindigkeiten) anwenden (Geschwindigkeiten proportional den Quadratwurzeln aus den Längen, Kräfte und Gewichte proportional den dritten Potenzen der Längen).

Wenn man, wie es Lanchester[17]) unternommen hat, auf die zeitliche und quantitativ genaue Untersuchung des Schwingungsvorganges verzichtet und als Kriterium für die Stabilität einen einzigen dimensionslosen Ausdruck aufstellt, so erhält man auch beim Modellversuch denselben Zahlenwert wie beim Original. Es sei jedoch bemerkt, daß das Lanchestersche Stabilitätskriterium doch nur einen ziemlich mangelhaften, wenn auch gewiß originellen Versuch darstellt, die mathematischen Schwierigkeiten der Stabilitätsfrage auf elementarem Wege zu umgehen, und man kann aus ihm nur wenige allgemeine Schlüsse ziehen, weil seine Voraussetzungen zu speziell gefaßt sind.

Die Frage nach selbststabilen Flugzeugen, die nach dem Gesagten durch Modellversuche allein wohl kaum ihre endgültige Lösung finden wird, hat aber auch keine so große Bedeutung, als man vielleicht annehmen könnte; das Einhalten der richtigen stabilen Lage im normalen Fluge ist ja auch ohne besondere Schwierigkeiten möglich. Viel wichtiger ist es, die Gefahrquellen rechtzeitig zu erkennen, die bei Abweichungen von diesem Normalzustande aus irgendwelchen Ursachen mit unsern bisherigen Apparaten auftreten können, und ihnen entsprechend zu begegnen. Solche Gefahren treten besonders für die Längsstabilität auf, wenn die Geschwindigkeit und die Neigung des Apparates relativ zur Luft die zulässigen

---

[17]) Lanchester, Aerodonetics, Deutsch von C. u. A. Runge. 1911.

Grenzen nach der einen oder anderen Richtung hin überschreitet. Die tiefere Erkenntnis der Natur dieser Gefahren verdanken wir wiederum der Mechanik. Beim Gleitflug zum Beispiel, der hier ja besonders in Betracht kommt, gestalten sich nach der Theorie die Beziehungen zwischen Gleitwinkel β, Lufteinfallswinkel α und Geschwindigkeit V etwa nach der (schematischen) Kurve Fig. 8. In dieser Kurve stellen die Abszissen horizontale, die Ordinaten vertikale Projektionen von geradlinigen Gleitbahnen dar. Sie beginnen sämtlich im Ursprunge 0 und werden unter verschiedenen Gleitwinkeln β, aber stets (bis an die Kurvenpunkte) in der gleichen Zeit (1 sec) durchflogen. Es stellen demnach die Fahrstrahlen nach der Kurve direkt die Geschwindigkeiten des Gleitfluges dar[18]).

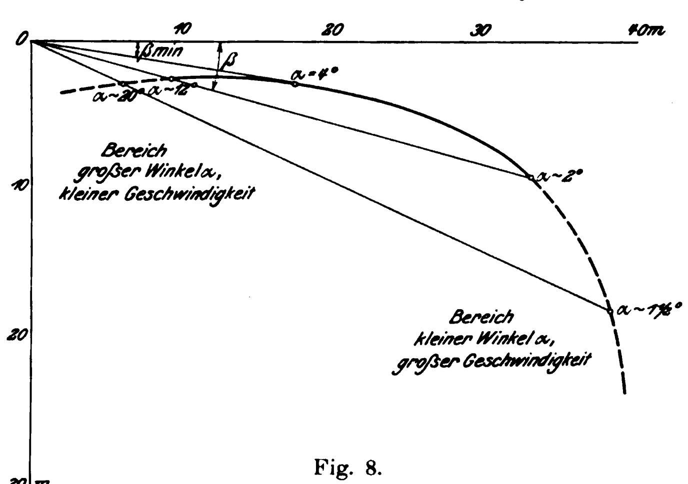


Fig. 8.

Wir sehen, was wir hier zu vermeiden haben: das Bereich großer Gleitwinkel und der sehr raschen Geschwindigkeiten, die schließlich zum Kopfsturz mit $\beta = 90^0$ führen würden. Sie treten schon auf bei verhältnismäßig geringer Verkleinerung des Anstellwinkels α (z. B. von 5 auf 2^0), wie sie durch unrichtige Handhabung des Höhensteuers (besonders bei an sich schnellen Apparaten mit kleinem normalen Winkel α) leicht entstehen kann. Umgekehrt liegt bei zu großen Winkeln α die Gefahr zu geringer Geschwindigkeit vor, wobei dann die Steuer unwirksam werden und ein Abgleiten des Flugzeuges nach hinten oder seitlich eintreten kann.

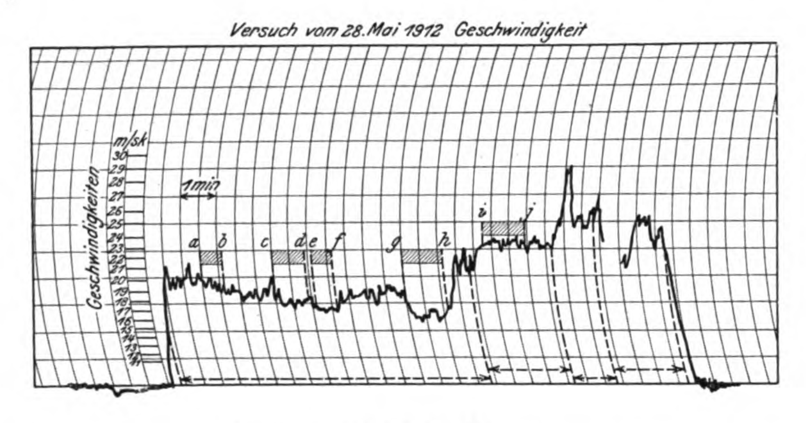
Von der Richtigkeit dieser theoretisch gewonnenen Anschauungen konnte man sich durch die Versuche mit „fliegenden Laboratorien" überzeugen, die verschiedentlich in Frankreich und auch bei uns ausgeführt wurden[19]). Es handelt sich bei diesen um die gleichzeitige Messung und graphische Registrierung von Flugzeugdaten. In der Fig. 9 sind eine Reihe zusammenhängender Messungen von Toussaint und Lepère mitgeteilt. Aus den Diagrammen ist der Zusammenhang der Flugzeugdaten (Neigungswinkel der Längsachse zur Hori-

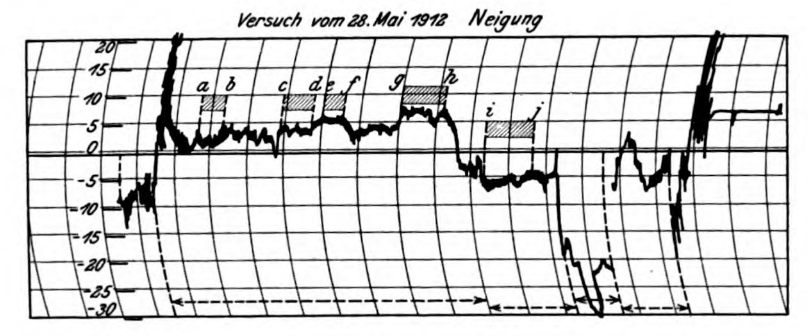
---

[18]) Für flache Gleitbahnwinkel β läßt sich sehr leicht eine Beziehung zwischen α, β und V aufstellen, wobei man noch die sekundären Widerstände des Flugzeugs etwa durch eine äquivalente Widerstandsfläche berücksichtigen muß. Es ergibt sich auf diese Weise schließlich eine Gleichung 4. Grades für die Koordinaten x und y der Kurve Fig. 8. Eine Erweiterung derselben für das Bereich steiler Gleitbahnen und kleiner Winkel ist möglich, aber mit umständlichen Rechnungen verknüpft.

[19]) Versuche von Dr. Hopf (I. Jahrbuch der W. G. F., Seite 123). Außerdem Toussaint u. Lepère: L'enrégistrement de la vitesse relative des aéroplanes (Technique aéronautique 1912, II. S. 129ff.).

zontalen, Einfallswinkel und Geschwindigkeit) einwandfrei und leicht zu ermitteln[20]).





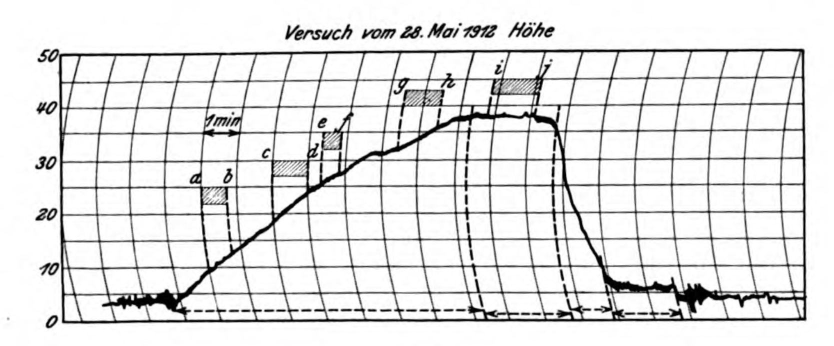


Fig. 9.

[20]) Aus der barometrischen Höhenkurve kann nämlich die Steiggeschwindigkeit entnommen, aus dieser und der aufgezeichneten resultierenden Geschwindigkeit deren Neigungswinkel zur Horizontalen berechnet werden; mit der Klinometerangabe und bekannten Flugzeugabmessungen wird schließlich daraus der Einfallswinkel der Tragflächen berechnet.

So findet sich z. B. an der Stelle a b (Fig. 9) beim Aufstieg

Steiggeschwindigkeit 0,77 m/sec, Resultierende Relativgeschwindigkeit V = 19,6 m/sec, Einfallswinkel $\alpha = 4^0\ 10'$.

An der Stelle ij (Horizontalflug).

So wie es beim Gleitflug besprochen wurde, hat der Pilot aber auch beim Fluge mit Motor dafür zu sorgen, daß die Geschwindigkeit seines Flugzeuges relativ zur umgebenden Luft zwischen einer oberen und unteren Grenze bleibt[21]). Dazu ist auch der Einfallswinkel α der Tragflächen zwischen zwei Grenzen zu halten. Diese Sorge könnte dem Piloten abgenommen werden durch automatisch den Winkel α (das Höhensteuer) einstellende Apparate, Stabilisatoren. Es sind zu diesem Zweck schon viele Erfindungen gemacht worden, sehr zahlreich wurden Pendel- oder Kreiselapparate in Vorschlag gebracht. Besonders die — vielen Erfindern wohl etwas mystische und darum auch oft falsch verstandene und falsch angewendete — gyrostatische Wirkung eines Kreisels dachte man sich als das Heilmittel, das mit einem Schlage die ganzen Stabilisationsschwierigkeiten beheben würde. Auch an dieser Stelle sollte also die Mechanik aushelfen, freilich gleich mit einem ihrer schwierigeren Kapitel; man muß denn auch schon ein gutes Stück Theorie kennen, um es dabei richtig anzufangen und brauchbare Stabilisatoren zu bauen. Gewiß kann eine kräftige stabilisierende Wirkung durch geschickte Anordnung (Kreisel als Auslösung für ein mechanisches oder hydraulisches Relais) wohl erreicht werden, wenn es sich um schon eingetretene unerwünschte Neigungsänderungen der Flugzeugachse handelt. Der Kreisel reagiert aber nicht, wenn durch eintretende Böen oder dgl. das Flugzeug bloß seine Relativgeschwindigkeit gegen die Luft plötzlich ändert und auch dann schon eine Korrektur des Höhensteuerwinkels nötig wird.

In solchem Fall helfen eigentlich nur automatische Apparate, die auf Änderung der Geschwindigkeit und der Beschleunigung reagieren[22]). Zurzeit gibt es solche wohl noch kaum in einer für Flugzeuge gut brauchbaren Form, wenn man nicht den französischen Stabilisator von Doutre hierher rechnen will, der tatsächlich einen solchen Apparat in etwas primitiver Ausführung, wenigstens in der ursprünglichen

---

Steiggeschwindigkeit 0, Resultierende Relativgeschwindigkeit $V = 23$ m/sec, Einfallswinkel $\alpha = 1^0\,55'$.

Beim Gleitflug (aus einem andern Versuch mit dem gleichen Apparat):

Steiggeschwindigkeit — 3,8 m/sec, Resultierende Relativgeschwindigkeit $V = 24$ m/sec, Einfallswinkel $\alpha = 1^0\,55'$.

Man sieht. wie beim Horizontal- und Gleitflug α und V im wesentlichen gleich bleiben (ungeänderte Stellung des Höhensteuers).

[21]) Auch diese Verhältnisse lassen sich durch Überlegungen aus der Mechanik sehr anschaulich überblicken. Man kann dazu für den Propulsionsapparat (Motor + Propeller) einerseits, für das Flugzeug andererseits gewisse charakteristische Leistungskurven in Abhängigkeit von der (relativen) Fluggeschwindigkeit aufstellen. Ihre Diskussion (besonders das gegenseitige Verhältnis der Kurven) bietet wertvolle Aufschlüsse für die Vorausberechnung des Propulsionsapparates zu einem bestimmten Flugzeug. Sie ermöglichen auch eine Kontrolle für die richtige Handhabung des Höhensteuers bei verschiedenen Betriebsbedingungen, äußeren Zufällen und dgl.

[22]) Geschwindigkeitsregler oder Beschleunigungsmesser allein sind nicht ausreichend. Vgl. hierzu die interessanten Ausführungen von Prof. von Parseval in seinem Vortrag: „Über die Stabilität von Äeroplanen" in der Versammlung von Vertretern der Flugwissenschaft in Göttingen 1911. Einer weiteren Verbesserung des Doutre'schen Apparates durch Hinzufügen eines „Winkelstabilisators" (der auf Änderung des Neigungswinkels reagiert) wird in einem längeren Aufsatz von Dorand, Technique aéronautique 1912, I, S. 109, das Wort geredet.

Form, darstellt (Fig. 10). Bei ihm wird eine Widerstandsplatte P[23]) im relativen Luftstrom des Flugzeuges durch Federn im Gleichgewicht erhalten; sie bildet gewissermaßen den Geschwindigkeitsmesser (Anemometer) und überträgt ihre axiale Bewegung bei Änderung der relativen Luftgeschwindigkeit durch ein pneumatisches Relais auf die Steuerung zur richtigen Einstellung des Höhensteuers. Für besondere Fälle relativer Beschleunigung, plötzliche kurze Windstöße von vorne,

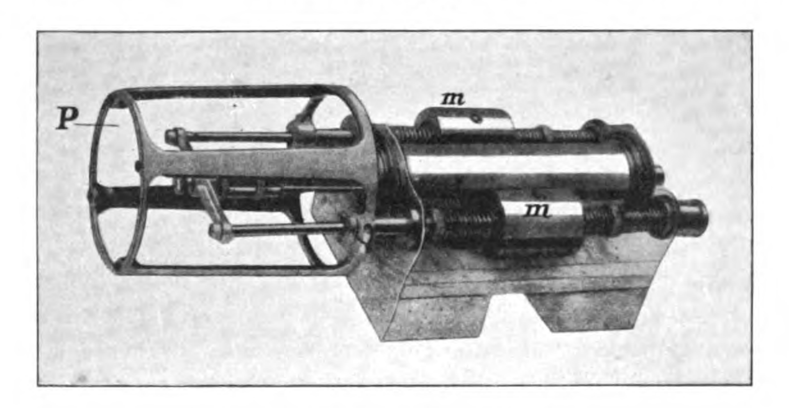


Fig. 10. Stabilisator von Doutre.

die eine falsche Wirkung des Anemometers zur Folge hätten, wird dieses ausgeschaltet, und es tritt ein Beschleunigungsmesser in Tätigkeit, zwei horizontal bewegliche, durch Federn im Gleichgewicht erhaltene Massen, welche durch Verkleinern des Einfallswinkels α (Tieferstellen des Höhensteuers) ein gefährliches Aufbäumen des Apparates verhindern[24]). Nach französischen Angaben soll der Apparat recht gut und sehr prompt gewirkt haben. Wünschenswert wäre es jedenfalls, wenn auch deutsche Erfinder ihr Interesse theoretisch und praktisch der Ausgestaltung solcher „Flugregulatoren" zuwenden möchten.

Mit diesem direkt aus der Theorie in die Praxis umgesetzten Beispiel aus der Mechanik mögen diese Ausführungen beschlossen werden. Man wird vielleicht aus ihnen ersehen haben, daß es wohl keinen Teil der Luftfahrttechnik gibt, der nicht irgendwie mit der Mechanik in Verbindung steht, daß aber auch viele und interessante mechanische Probleme durch Beispiele aus der Luftfahrt illustriert werden können.

Wenn trotzdem heute noch viele Erfindungen und Konstruktionen auch ohne bewußte Anwendung der Mechanik erfolgreich in die Welt gesetzt werden, so ist dies nur ein Zeichen dafür, daß eben unbewußt mechanisch richtig gearbeitet wurde. Diese Tatsache, die sich in dem sogenannten „praktischen Gefühl" des guten Technikers ausdrückt, zeigt, wieviel mechanischer Sinn in gesund und logisch denkenden Menschen vorhanden ist.

---

[23]) In Fig. 10 ist die Widerstandsplatte entfernt zu denken. Die Figur ist dem Aufsatz: „Le stabilisateur Doutre" entnommen (La technique aéronautique 1911, II, S. 167).

[24]) Bei der abgeänderten, neuen Form des Stabilisators von Doutre ist die Beharrungsmasse vertikal beweglich, reagiert also direkt auf Änderung der Vertikalbeschleunigung (plötzliche Fallböen, Luftlöcher).

Wie dieser praktische Sinn durch theoretische Schulung ergänzt und so ausgebaut werden kann, daß er auch weitere, nicht unmittelbar zu fassende Folgerungen abzuleiten und auszugestalten vermag, sollte an einigen Beispielen zu zeigen versucht werden.

Aufgabe des Unterrichts in der angewandten Mechanik ist es aber, den Boden für eine solche Vereinigung von Theorie und Praxis in günstigster Weise vorzubereiten, so daß dann der junge Ingenieur in die Lage versetzt ist, in voller Erkenntnis der mechanischen Gesetze, das Vorhandene zu verbessern und Neues zu schaffen.

Diskussion.

Professor Dr. **Fr. Ahlborn**-Hamburg.

M. H. Die Aufgabe unserer Gesellschaft ist zweifellos, ihrem Namen entsprechend, die Förderung der Flugtechnik mit allen Mitteln der Wissenschaft. Dennoch möchte ich nicht empfehlen, das Wort „Wissenschaftliche" G. f. F. noch besonders zu betonen, da es — auch nach der Meinung des Herrn Vortragenden — keine unwissenschaftliche wahre Technik gibt. In dem ersten, aerodynamischen Teile des Vortrages kann durch die Fülle des theoretischen Stoffes leicht der Eindruck hervorgerufen werden, daß die endgültige Beantwortung der Widerstandsfrage von der hydrodynamischen Theorie zu erwarten sei. Allein Herr Dr. Pröll hat selbst auf die entscheidende Rolle hingewiesen, die hierbei der experimentellen Forschung zufällt. Die hydrodynamische Theorie kann ihrem Wesen nach keine erschöpfende mathematische Darstellung der Widerstandserscheinungen geben, da sie sich nicht auf die natürlichen Medien — Wasser und Luft —, sondern auf die sog. „vollkommene Flüssigkeit" bezieht, die infolge ihrer absoluten Elastizität und Reibungslosigkeit der Bewegung keines wie immer gestalteten Körpers irgendeinen Widerstand entgegensetzt. So bewundernswürdig daher auch der mathematische Mechanismus der Theorie ist: ein für die Flugtechnik brauchbares oder gar maßgebendes Resultat hat sie nicht aufzuweisen. Im besonderen sind die von Herrn Professor Prandtl und Dr. Fuhrmann angegebenen Ballonformen nicht als ein Ergebnis der theoretischen Forschung zu betrachten, da die Wahl der Quellen und Senken willkürlich ist und somit zu sehr verschiedenen Formen des inneren Stromsystems führen kann. Hier sind sechs beliebige Formen so ausgewählt, daß sie den bereits im Schiffbau erprobten Linien ähnlich sind, und nur durch die experimentelle Bestimmung des Widerstandes war es möglich, zu sagen, welche von diesen Formen der Modelle die relativ bessere war. Dies Ergebnis wäre allerdings auch ohne das theoretische Verfahren zu erlangen gewesen, das nur angewendet wurde, um die manometrisch bestimmte Druckverteilung mit der theoretischen vergleichen zu können. Ein wesentlich klarerer Einblick in die Beziehungen zwischen Form und Widerstand ist dadurch doch kaum erzielt worden.

Wie es nach der Kuttaschen Theorie möglich ist, daß ein prinzipiell widerstandsfreies Medium dennoch einen (seitlichen) Widerstand leistet, könnte paradox erscheinen. Das Ergebnis wird dadurch erreicht, daß ein Teil des Kraftfeldes

am hinteren Rande der Flächen (Blumenthal-Bourowsky) der Einwirkung auf den Widerstandskörper entzogen wird. Die Theorie erhebt nicht den Anspruch, durch die nur zweidimensionale Lösung unter Nichtberücksichtigung der von der Zähigkeit des Mediums herrührenden Wirbelbildungen — das Widerstandsproblem für Wasser und Luft lösen zu können. Eindringlich möchte ich die Flugtechnik vor der Annahme warnen, daß die neuerdings veröffentlichten Joukowskyschen Profile für Tragflächen geeignet seien. Nur die experimentelle Feststellung der natürlichen Widerstandsvorgänge kann uns zu praktischen Ergebnissen und zur vollen Erkenntnis und Beherrschung des Widerstandsmechanismus führen. Darum begrüße ich es mit großer Freude, daß in Göttingen die Errichtung eines hydro-aerodynamischen Forschungsinstituts in Aussicht genommen ist. Und mit gleicher Befriedigung kann ich hinzufügen, daß endlich auch mir — in Hamburg — nach vierjährigem Hoffen und Harren die Möglichkeit zur Wiederaufnahme meiner Arbeiten gegeben werden wird. In den dortigen Technischen Staatslehranstalten soll ein besonderes Laboratorium für die von mir verfolgten wissenschaftlichen und technischen Zwecke eingerichtet werden, und ich hoffe und wünsche, daß es mir vergönnt sein möge, Ihnen im Anschluß an die Versammlung unserer Gesellschaft im Jahre 1915 nicht nur das neue Laboratorium in Betrieb vorführen zu können, sondern Ihnen auch einen Überblick über die Ergebnisse zu bieten, die bis dahin zur Klarlegung der Widerstandsfragen durch die Analyse der natürlichen Strömungen erzielt worden sind.

Dipl.-Ing. **H. G. Bader**-Dresden.

Zur Theorie der Modelle, die Herr Dr. Pröll eingehend behandelte, möchte ich bemerken, daß meines Erachtens sich vollkommene mechanische Ähnlichkeit verwirklichen läßt. Hierzu ist vollkommene geometrische Ähnlichkeit unbedingt erforderlich, aber nicht hinreichend. Denn die Mechanik bedarf dreier inkommensurabler Dimensionen, die im technischen Maßsystem vertreten erscheinen in der Längeneinheit des Meters, der Zeiteinheit der Sekunde und der Krafteinheit des Kilogramms. Mechanische Ähnlichkeit ist somit definiert als Proportionalität der Zeiten und Kräfte mit bestimmten Potenzen der Längen. Danach ergeben sich also unendlich viel Möglichkeiten mechanischer Ähnlichkeiten. Für eine vorliegende Aufgabe sind jedoch die gesuchten Exponenten durch unumgängliche Erwägungen bestimmt. So muß im gegebenen Fall des freifliegenden Modells, da die Erdbeschleunigung unveränderlich ist, jede Beschleunigung für Modell und Original dieselbe sein. Daraus ergibt sich, daß „ähnliche Zeiten" (Schwingungsdauer, Halbwertszeit) sich wie die Wurzeln aus den linearen Abmessungen verhalten oder, was dasselbe bedeutet, daß die Geschwindigkeiten ebenfalls diesen proportional sind.

In betreff der dritten physikalischen Dimension erinnern wir uns, daß alle Kräfte, die am Flugzeug angreifen, proportional dem spezifischen Gewicht der Luft, dem Quadrat der Geschwindigkeit und den Flächen sind. Die zweite Potenz der Geschwindigkeit ist der Länge proportional; wenn wir also im Medium von gleicher Dichte mit Modell und Original arbeiten, ergibt sich Proportionalität der Kräfte mit der dritten Potenz der Längen. Doch selbst geringen Abweichungen vom v-Quadrat-Gesetz der Potentialströmung infolge Reibung und Zähigkeit vermag

diese mechanische Ähnlichkeit standzuhalten, wenn wir nur das Modell im gekühlten Raum (Luft von größerer Dichte) untersuchen. Die Forderung gleichen Gewichts pro Flächeneinheit und damit gleicher Beanspruchung des Konstruktionsmaterials ließen sich unter Beibehaltung der angegebenen dynamischen Ähnlichkeit allerdings nur unter der Bedingung erfüllen, daß das Modell in einem im umgekehrten Verhältnis der Längen dichteren Medium fliegt. Aber nichts hindert das dynamische Verhalten des fliegenden Modells und das elastische des ruhenden bei dynamischer Belastung an zwei verschiedenen Exemplaren zu beobachten, die den gestellten Forderungen — jedes in seiner Weise — gerecht werden.

Baumeister **Gustav Lilienthal**-Berlin.

Ich habe durch Versuche an einem Rundlauf, die in einer der nächsten Nummern der „Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt" veröffentlicht werden sollen, die Wirbelbildung unter einer vogelflügelartigen Fläche untersucht, indem ich durch angebrachte kleine Fähnchen die Strömungsrichtung an den einzelnen Stellen beobachtete. Ich habe dabei die Entstehung eines großen ovalen Wirbels nachweisen können, welcher nicht nach rückwärts abwandert, sondern dessen Wirbelluft quer gegen die Bewegungsrichtung abfließt und auf diese Weise eine Tragwirkung auf die schräg gegen diese Strömung stehende Wurzel und Spitze der Fläche ausübt, während in der Mitte der Wirbelströmung ein nach vorn, also entgegen der Bewegungsrichtung gerichteter Druck ausgeübt wird.

Ich möchte bei dieser Gelegenheit die Hoffnung zum Ausdruck bringen, daß es mir gelingen wird, diese Versuche mit besseren Hilfsmitteln weiter zu verfolgen. Es sollen insbesondere Versuche im freien Wind an einem flachen Seestrand unternommen werden, durch die ich die Existenz einer Kraft nachzuweisen hoffe, die geeignete, dem Vogelflügel ähnliche Körper gegen den Wind in Bewegung setzt.

Professor Dr. **Prandtl**-Göttingen.

Ich möchte zunächst Herrn Professor Ahlborn erwidern, daß es Herrn Dr. Pröll, so wie ich den Vortrag aufgefaßt habe, sicher fern gelegen hat, die Ergebnisse der Theorie über die der experimentellen Forschung stellen zu wollen. Wenn er auf die experimentellen Arbeiten nicht näher eingegangen ist, so lag das lediglich daran, daß er sich gemäß dem gewählten Thema die Aufgabe gestellt hatte, eben über die theoretischen Leistungen zu sprechen. Im einzelnen möchte ich Herrn Professor Ahlborn noch erwidern, daß die hydrodynamische Theorie durch die neueren Fortschritte auch allmählich gelernt hat, das Problem des Flüssigkeitswiderstandes anzugreifen, das ihr früher verschlossen erschien, und daß hier bereits einzelne sehr schöne Resultate vorliegen.

Zu den Ausführungen des Herrn Baumeisters Lilienthal möchte ich bemerken, daß man Resultate aus Rundlaufversuchen mit großer Vorsicht beurteilen muß, da die aerodynamischen Verhältnisse bei dieser Kreisbewegung stärker, als man zunächst vermuten möchte, von denen bei der geradlinigen Bewegung verschieden sind. Die Versuche im freien Wind halte ich dagegen für sehr wichtig und möchte es lebhaft begrüßen, wenn es Herrn Lilienthal gelingt, solche Versuche in größerem Maßstabe durchzuführen.

Professor Dr. v. **Kármán**-Aachen

meint, daß das theoretische Verständnis der Widerstandsvorgänge auch dann von großer Wichtigkeit sei, wenn man auch bei praktischer Berechnung auf empirische Formeln angewiesen ist. Er führt ein praktisches Beispiel an, bei welchem durch die Periodizität der Flüssigkeitswiderstandes infolge abwechselnder Wirbelablösung gefährliche Resonanzerscheinungen entstehen können.

Professor **M. Weber**-Hannover:

Es scheint mir, daß in dem Meinungsstreit der Herren Pröll, Ahlborn und Prandtl ein wichtiger Punkt außer acht gelassen ist, der der Theorie wieder zu ihrem Rechte verhilft. Ich meine folgendes: Die Flugwissenschaft ist zunächst eine Naturwissenschaft; als solche hat sie die einzige Aufgabe, die Wahrheit zu suchen, d. h. die Erscheinungen der Außenwelt zu erforschen. Zu dieser Ergründung der Wahrheit steht der Naturwissenschaft als einzige Helferin die Erfahrung zur Seite, die entweder durch die Beobachtung der Natur oder durch künstlich angestellte Versuche gewonnen wird. Handelt es sich darum, die Vorgänge in der Natur, z. B. unsere aerodynamischen Strömungserscheinungen, zu erforschen, so entscheidet die Erfahrung allein, die Theorie muß gänzlich zurücktreten. In dieser Auffassung sind sich alle Vertreter wahrer Naturerkenntnis stets einig gewesen, und schon Aristoteles bekennt sich zu ihr in seinem Werke „Über die Erzeugung der Tiere“, indem er dort sagt: „Man muß der Beobachtung mehr Glauben schenken als der Theorie, und der Theorie überhaupt nur dann, wenn sie zu gleichem Ergebnis führt wie die Erscheinung selbst“. Der Königsweg des Naturforschers ist die empirisch-induktive Methode.

Anders liegt es jedoch, wenn nicht nur die Naturerkenntnis allein, sondern auch der Anwendungszweck, z. B. für die Technik, dabei in Betracht kommt. Solange die aerodynamischen Vorgänge noch nicht vollständig erforscht sind — und wir sind gegenwärtig noch sehr weit davon entfernt —, solange ist der schaffende Ingenieur berechtigt, ja verpflichtet, außer der Erfahrung auch die Theorie als Helferin heranzuziehen, um sein Werk nach dem jeweiligen Stand der Wissenschaft möglichst vollkommen entwerfen und gestalten zu können. Sofern die Naturwissenschaft dem Ingenieur das Qualitative und Quantitative der Vorgänge nicht in ausreichendem Maße liefern kann, benutzt er in der rationell-deduktiven Methode ein zweites wichtiges, wenn auch dem ersteren nicht gleichwertiges Hilfsmittel. Von diesem Standpunkte aus wird niemand zweifeln, daß die Theorie vom konstruierenden Ingenieur heranzuziehen ist, sofern sie ihm Ergebnisse liefert, die dem jeweiligen Verwendungszweck zugute kommen, und bei deren Beiseiteschiebung er zurzeit nur etwas Unvollkommenes schaffen würde. Ich denke dabei unter anderem an die Theorie der Modelle und ihren erprobten Wert für den Wasser- und Luftschiffbau. So habe ich auch die Ausführungen des Herrn Pröll verstanden, wenn er es auch nicht ausdrücklich ausgesprochen hat. Die Technik wird die Theorie als Dienerin so lange in Anspruch nehmen müssen, als die Erfahrung auf die besonderen Fragen der Technik nicht ausreichend Antwort zu geben vermag. Mit dem Fortschritt in der Erkenntnis der Wirklichkeit wird auch für den Ingenieur die

Theorie — in dem oben geschilderten Sinne verstanden — zurücktreten müssen, und die Erfahrung allein beherrscht alsdann allein das Reich der Natur.

Dr.-Ing. **Pröll**-Danzig (Schlußwort):

Wenn ich die Ausführungen des Herrn Professors Dr. Ahlborn richtig verstanden habe, so befürchtet er als Folge meines Vortrages eine zu stark einseitige Betonung der Theorie gegenüber dem Experiment in der Aerodynamik und vielleicht sogar in der Flugtechnik selbst. — Das liegt aber der Tendenz meines Vortrages vollkommen fern, wie es ja auch die Herren Prandtl und Weber schon in dankenswerter Weise hervorgehoben haben. In einem so eminent praktischen Fache wie die Flugtechnik wird das Experiment immer die erste Rolle spielen müssen; daneben ist es aber nur zu begrüßen, wenn auch die Theorie mitkommen kann, und nicht wenig vermag sie dann auch selbst zum Fortschritt beizutragen.

Den sehr interessanten Bemerkungen des Herrn Bader gegenüber möchte ich allerdings betonen, daß eine vollkommene mechanische Ähnlichkeit bei Flugzeugmodellen kaum erreicht werden kann, weil die Berücksichtigung bzw. Ausschaltung der Zähigkeitseinflüsse meines Erachtens sich doch wohl nicht so einfach erreichen läßt, wie Herr Bader annimmt.

Ich möchte aber nicht verfehlen, auch ihm wie auch den Herren Lilienthal und v. Kármán für die interessanten Beiträge zum Thema meines Vortrages besonders zu danken; denn für den Fortschritt auf wissenschaftlichem Gebiete muß jeder einwandfreie Beitrag willkommen sein, sei er nun der Praxis, dem Versuch entnommen oder eine Frucht theoretischer Arbeit im besten Sinne. Nicht im Gegensatz von Theorie und Praxis und der absoluten Vorherrschaft eines der beiden, sondern in ihrem gedeihlichen Zusammenwirken ist für die Zukunft auch in der Luftfahrt das Heil zu finden.

— — —

Der heutige Stand der Flugmaschinen-Konstruktionen.

Von

Prof. Dr.-Ing. **Bendemann**-Adlershof.

Wenn man auf die letzten großen Flugveranstaltungen in Deutschland zurückblickt, besonders auf den Prinz-Heinrich-Flug am Oberrhein und die soeben beendete Frühjahrsflugwoche in Johannisthal, so ist ein großer Fortschritt der Leistungen gegen das Vorjahr nicht zu verkennen. Vor allem zeigt sich das in der verminderten Abhängigkeit von Wind und Wetter. Auch an recht böigen Tagen sahen wir oft nicht nur vereinzelte, sondern scharenweise Flugmaschinen am Himmel; und das erste eigentliche Flugmaschinen-Wettrennen in Johannisthal wurde am 27. Mai abgelassen, trotzdem Gewitterwolken am Himmel standen und recht unangenehme Böen über das Feld strichen. Der Erfolg hat bewiesen, daß man das wagen durfte.

Mag an diesem Fortschritt auch das gesteigerte Können der Flieger einen wesentlichen Anteil haben, das größere Selbstvertrauen und die sicherere Beherrschung der Maschinen, so wird doch auch den technischen Fortschritten vieles davon zuzuschreiben sein.

Gegenüber der Mannigfaltigkeit der Bestrebungen und Versuche ist es freilich sehr schwer, klare Richtlinien der Entwicklung aufzudecken und die Neuerungen richtig zu beurteilen. Ich bitte darin nicht mehr zu erwarten, als was ich zugesagt habe, als ich mich vor kurzem zur Übernahme dieses Referates, in Anerkennung seiner Wichtigkeit, aber ohne Verkennung seiner Schwierigkeit, bereit finden ließ. Ich muß mich darauf beschränken, die Hauptpunkte der Entwicklung in möglichst systematischer Folge an Beispielen vorzuführen. Eine eindringlichere Behandlung der zahlreichen Einzelfragen würde ohnehin den Rahmen eines Vortrages weit überschreiten.

Die folgende Einteilung ist vielleicht zweckmäßig:

A. Allgemeine Bauform.
B. Aerodynamische Ausbildung.
C. Mechanischer Aufbau.

Als ein durchgehender Zug im Flugmaschinenbau erscheint mir der häufige Widerstreit verschiedenartiger technischer Anforderungen:

Gute Flugeigenschaften, also Stabilität und dynamische Ökonomie wollen sich mit einer günstigen Anordnung der Fliegersitze für Schutz und Ausblick noch nicht recht befriedigend vertragen. Das dringende Bedürfnis, die Maschinen rasch zum Transport zerlegen zu können, also die Packbarkeit, widerstreitet den Grundforderungen an zuverlässige Baufestigkeit. So sieht man vielfach schwankend Kompromisse, wobei oft das Neue nur darin besteht, daß bewährte Einzelheiten verschiedener Herkunft auf neue Art kombiniert werden.

A.

Im allgemeinen Aufbau ist man sich darüber klar, daß es für die Stabilität gut ist, die Lasten nahe am Schwerpunkt zu vereinigen und diesen nicht weit unter den Druckpunkt der Flügel zu legen.





Bild 1 und 2. Eindecker von Grade.

Hängt man die Fliegersitze wegen freien Ausblicks ganz unter die Tragflächen, so ergibt sich eine reichlich tiefe Schwerpunktslage, was aber die Führung nur wenig erschwert, besonders wenn man den Motor über den Flügeln beläßt. Dabei läßt sich aber eine geschlossene Karosserie zum Schutze der Flieger nicht geschickt anbringen. Das ist ein Hauptnachteil der Maschinen mit unten hängenden Sitzen, wenigstens für Landflugzeuge. Immerhin haben sich einige solche Konstruktionen recht gut bewährt, sie sind für Sportzwecke als leichte Maschinen sehr geeignet und in der ihnen von Grade gegebenen Form recht verbreitet (Bild 1 und 2); aber zu großen Erfolgen haben sie es in Deutschland so wenig wie im Auslande gebracht. Bei den meisten Maschinen sieht man die Sitze in der Längsrichtung nach vorn oder nach hinten, entgegengesetzt zum Motor, aus dem Schwerpunkt soweit herausgerückt, daß ein genügender Überblick erzielt wird (Bild 3, 4, 11, 22 u. a.). Mir scheint, daß man manchmal damit unnötig weit geht. Übrigens hilft man

dem guten Ausblick vielfach noch durch ein kleines Opfer anderer Art nach, nämlich durch freigelassene Schlitze zwischen Rumpf und Flügeln, also eine kleine Verschlechterung der aerodynamischen Ökonomie.



Bild 3. Doppeldecker von Euler.

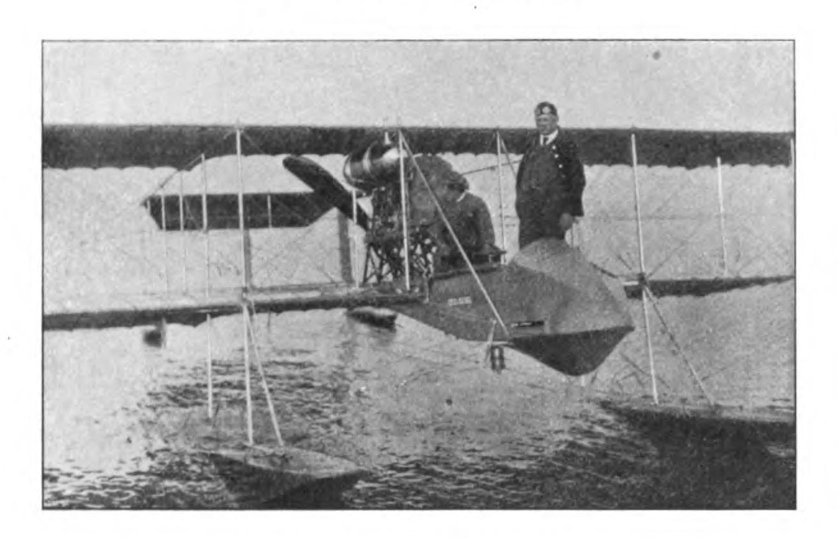


Bild 4. Doppeldecker von Otto.

Die Frage, ob Ein- oder Zweidecker vorzuziehen, erscheint verhältnismäßig unbedeutend. Wegen des vorteilhafteren Aufbaues, also höherer Baufestigkeit bei gleichem Gewicht und gleicher Tragkraft, wäre dem Doppeldecker wohl der Vorzug zu geben, wenn es gelänge, ihn an Stabilität und leichter Führbarkeit den sogenannten Tauben gleich zu machen, die in dieser Hinsicht noch immer an der Spitze stehen. Dreidecker sind immer nur ganz vereinzelt gebaut worden; daß sie besondere Vorteile gezeigt hätten, ist nicht bekannt geworden.

Ob das Triebwerk, Motor und Propeller, vorn an der Spitze des Flugzeuges oder hinter den Tragflächen seinen besten Platz hat, möchte ich noch nicht für endgültig entschieden halten. Beides hat bekanntlich sein Für und Wider. Auch beim Automobil hat es lange gedauert, bis der richtige Platz für den Motor und damit

die heute so selbstverständlich scheinende Grundform gefunden war. Eine ganz befriedigende Lösung scheint es beim Flugzeug nicht zu geben. So schwankt man wenigstens beim Doppeldecker vielfach noch vom einem zum andern. Beim Eindecker scheint es, als solle die Anordnung des Motors vorn obsiegen. Die wenigen abweichenden Konstruktionen konnten sich bisher nicht durchringen. Ob das technisch ganz berechtigt ist, möchte ich noch nicht für entschieden halten. Wenigstens gibt es eine Lösung, die man für vollkommener halten kann, wenn bei ihr noch die Frage der Stabilität endgültig geklärt wird: die sogenannte Entenform, die keinen nach hinten ausgestreckten Schwanz hat, sondern die Leitflächen und Steuer an dem vorausgestreckten Kopf trägt (Bild 5). Hier arbeitet der Propeller ganz hinten wie beim Schiff an der aerodynamisch günstigsten Stelle. Sein Luftstrahl trifft nicht auf Hindernisse und seine Triebkraft wird voll ausgenutzt. Zugleich ergibt sich eine für den Ausblick günstige Stellung der Sitze und manche anderen Vorteile, besonders beim Abfliegen und Landen, vom Wasser sowohl wie vom Erdboden. Nach den Ergebnissen der weiterhin erwähnten Reißner-Gehlenschen Arbeit lassen sich bei dieser Form sogar besonders gute Stabilitätsverhältnisse erzielen. In der Tat haben wir die von Reißner darnach ausgeführte Maschine vorzüglich fliegen gesehen. Es ist sehr zu bedauern, daß ihre Entwicklung durch Unglückfälle einstweilen lahm gelegt worden ist, die nichts mit ihrer Konstruktion zu tun haben. Wir dürfen wohl der Hoffnung auf baldige Fortsetzung dieser Arbeiten Ausdruck geben.

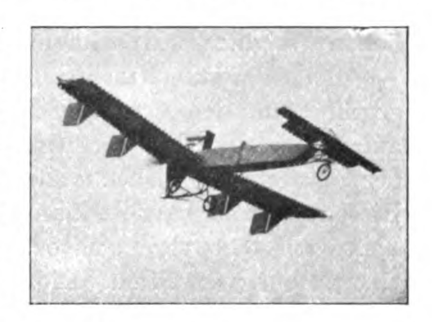


Bild 5. Ente von Reissner.

In ähnlichem Sinne mag auch die eigenartige Lösung von Dorner erwähnt werden, wo Motor und Sitze unter der Tragdecke liegen und die durch Kettentrieb ins Langsame übersetzte Schraube oben hinter der Tragdecke innerhalb des Verbindungsgerüstes läuft, das hinten die Steuer usw. trägt. Der Motor liegt ganz vorn und arbeitet durch eine zwischen den Sitzen hindurchgehende Kardanwelle auf den Kettentrieb. Diese, in mancher Hinsicht recht vorteilhafte Anordnung ist wegen der weitläufigen Kraftübertragung anscheinend doch nicht lebensfähig. Allerdings haben auch hier manche Ursachen von nicht technischer Natur dazu beigetragen, daß sie sich trotz einiger schöner Erfolge nicht hat durchringen können.

Das Streben nach dynamischer Ökonomie, also mit möglichst schwachem Motor auszukommen, aus dem solche Konstruktionen hauptsächlich entstanden sind, ist gegenüber den praktischen Forderungen überhaupt immer weiter zurückgetreten. Auch bei dem Zweischraubenantrieb nach Wright werden die ökonomischen Vorteile gegenüber den mechanischen Nachteilen nicht mehr gewürdigt, obwohl diese Nachteile nicht allzu groß erscheinen. Die Kettenübertragung läßt sich als durchaus zuverlässiger Maschinenteil ausbilden. Die Gefahr einseitigen Kettenbruches läßt sich ausschalten durch Anwendung einer gemeinsamen Kette für beide Schrauben, wie es von Savary in Frankreich und ähnlich von der deutschen Wright-Gesellschaft mit Erfolg ausgeführt worden ist. Ein Kettenbruch

setzt dann beide Schrauben zugleich still und kommt in seiner Wirkung dem Aussetzen des Motors gleich. Übrigens ist, wie Abramowitsch praktisch und Gehlen theoretisch nachgewiesen haben, die Stabilitätsstörung durch plötzliches einseitiges Wirken nur einer Schraube bei weitem nicht so erheblich, wie man es gefühlsmäßig einschätzen möchte. Der Flieger ist durchaus imstande, die Wirkung zu parieren und die Maschine sicher zu landen. Einstweilen ist aber der Zug nach mechanischer Einfachheit so stark, daß selbst die deutsche Wrightgesellschaft neuerdings zum Bau von Doppeldeckern mit einfachem, direkt gekuppelten Propeller an der Spitze des geschlossenen Rumpfes übergegangen ist. Von der ursprünglichen Wrightmaschine ist nur noch die Verwindung der Tragzelle und die patentierte Kupplung des Seitensteuers mit der Verwindung übrig geblieben. Mitbestimmend mag dabei allerdings auch das Bedürfnis nach einer guten geschlossenen Karosserie zum Schutze der Flieger gewesen sein, die sich auf der ursprünglichen Wrightmaschine kaum anbringen ließ.

Bei Wasserflugmaschinen hat man verschiedentlich wieder zum Kettenantrieb gegriffen, um den Motor tief in das Boot legen zu können, das zugleich die Flieger aufnimmt und als Schwimmer dient. Der Seetüchtigkeit wegen darf ja der Schwerpunkt nicht zu hoch über dem Wasser liegen. Bei einem französischen Riesenwasserflugzeug ist man neuerdings bis auf 200 PS gegangen, die durch eine Kette auf eine vierflügelige Schraube übertragen werden. Das dürfte sich als Übertreibung erweisen. Die Grundform des Flugbootes scheint aber doch Berechtigung zu haben und im Zusammenhange damit dürfte die Kettenübertragung einige Bedeutung behalten.

Daß man auch bei Landflugzeugen allmählich wieder auf die Übersetzung der Propeller ins Langsame zurückgreifen wird, um die Motorkraft besser auszunutzen, erscheint mir zweifellos. Nur wird man dabei den ins Motorgehäuse eingebauten Rädertrieb bevorzugen, um die Schwierigkeiten zu vermindern, welche die einwandfreie Lagerung einer weitläufigeren Kraftübertragung im Flugzeug mit sich bringt. Wieviel sich dadurch gewinnen läßt, das hat der große französische Militär-Flugzeug-Wettbewerb von 1911 gezeigt, an den ich immer wieder erinnern möchte. Da haben 3 Maschinen mit nur 70-pferdigen, wassergekühlten Motoren die Bedingungen erfüllt, die sonst nur mit 100- bzw. 140-pferdigen Gnome-Motoren bestanden wurden (300 kg Nutzlast außer Betriebsstoff für 4 Stunden; dabei großes Steigvermögen usw.; also erheblich höhere Ansprüche als unsere Militärbedingungen). Und jene 3 Maschinen von 70 PS arbeiteten sämtlich durch Übersetzung auf den Propeller. Das ist sicher kein Zufall. Die schnellaufenden Propeller arbeiten durchweg mit zu großem Schlupf und schlechtem Wirkungsgrad. Man wird sich den Vorteil der Übersetzung auf die Dauer nicht entgehen lassen können.

B.

Hinsichtlich der aerodynamischen Ausbildung haben wir aus der letzten Zeit verhältnismäßig wenig Neues festzustellen.

Was die Stabilitäts- bzw. Steuerungseigenschaften angeht, so sind nach dem überwiegenden Urteil unserer Flieger die „Tauben“ bei weitem am bequemsten zu fliegen. Für die Schonung der Nervenkraft ist das von größter

Bedeutung. Deshalb haben fast alle größeren Werke nach und nach den Bau von Tauben aufgenommen (Bild 6—10). Man hat vielfach versucht, die Vorteile der Zanoniaform also die aufgebogenen Flügelenden mit negativem Anstellwinkel, nach dem Etrichschen Vorbild, auch auf Doppeldecker zu übertragen (Bild 11). Aber das Mittel hat nicht voll die gleiche Wirkung ergeben. Man greift deshalb, und um das Opfer an Tragfähigkeit zu vermeiden, bei Doppeldeckern heute mit Vorliebe zu einem anderen Mittel, von dem man sich gute Stabilisierung verspricht: die Pfeilform in Verbindung mit leicht V-förmiger Stellung der unteren oder auch beider Tragdecken (Bild 12—13). Die hierzu führende einfache Überlegung braucht nicht wiederholt zu werden. Ich verweise aber auf die unter Reißners Einfluß entstandene, bzw. auf seinen ausgezeichneten Vorarbeiten beruhende Arbeit von Gehlen über die Stabilität der Flugzeuge, worin die bezüglichen Fragen mit großer Klarheit behandelt sind. Sie enthält eine Reihe wertvoller Fingerzeige. Wie viel man allein schon durch die V-Form bei hochliegendem Schwerpunkt erreichen kann, hat Fokker bewiesen (Bild 14). Die Fokkersche Maschine besitzt bekanntlich überhaupt keine Quersteuerung, Verwindung oder dgl., sondern wird allein mit dem Seitensteuer durch sehr kühne Kurven geführt. Einige Konstrukteure fügen zu der V- und Pfeilform noch die Staffelung der Tragflächen: die obere wird gegen die untere nach vorn verschoben. Das soll einen flachen Gleitflug begünstigen, weil die obere Fläche dann nicht mehr im Windschatten der unteren liegt. Diese Vorstellung dürfte sich aber wohl als ein Irrtum erweisen; in Frankreich sind übrigens die ursprünglichen Vertreter der Staffelung (Goupy, M. Farman, Sommer) ganz davon zurückgekommen, weil die Maschinen infolge starker Verlegungen des Druckpunktes recht gefährlich waren. Ein endgültiges Urteil läßt sich über diese Entwicklungstendenz aber nicht abgeben. Daß gelegentlich überhaupt noch sehr abweichende Meinungen befolgt werden, zeigt Bild 15: die obere Tragdecke eines sehr sorgfältig gebauten Doppeldeckers ist mit Absicht an den Seiten nach unten gezogen, also umgekehrt V-förmig.

Mit der Profilierung der Flügel hält man sich meist an die verschiedenen bewährten Formen. Sehr wesentliche Unterschiede in der Tragkraft scheinen nicht zu bestehen. Über die Vor- und Nachteile hört man noch sehr widersprechende Meinungen, besonders bezüglich der Stabilitätseigenschaften und Wanderung des Druckpunktes bei verändertem Anstellwinkel. Die wissenschaftliche Klärung steht hier, wie in vielen anderen Punkten, noch aus. Während bei den meisten Maschinen das Flügelprofil noch über die ganze Spannweite gleich und mit konstantem Anstellwinkel belassen wird, sind einzelne Konstrukteure jetzt dazu übergegangen, die Winkelstellung nach der Mitte hin steiler, nach den Flügelenden zu flacher zu machen. Man kann vermuten, daß dadurch die Bildung der tragenden Luftwelle günstig beeinflußt wird, da ihre Wirbelstärke ja nach den Enden zu irgendwie abnehmen muß. Man kann auch annehmen, daß dieses Mittel die Stabilität begünstigt, da es eine teilweise V-Form der Flügel schon bei gradliniger Vorderkante ergibt. Diese Form ist besonders bei dem Doppeldecker von Freytag planmäßig verwendet, dessen Konstruktion von Professor Baumann herrührt. Diese Maschine zeigt in der aerodynamischen Ausbildung überhaupt eine Reihe bemerkenswerter Neuerungen (Bild 16—17).

Eindecker nach Taubenform.



Bild 6. Etrich.

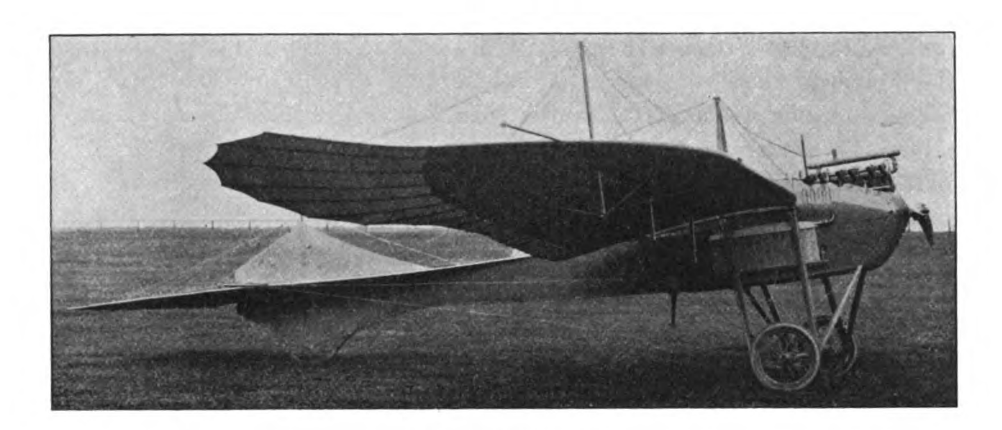


Bild 7. Albatros.

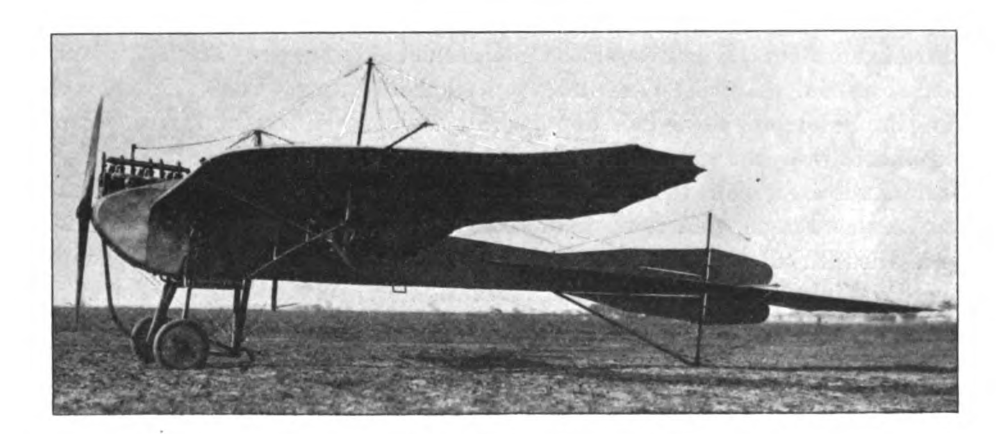


Bild 8. Jeannin.

Rumpler-Tauben siehe Bild 32—34.

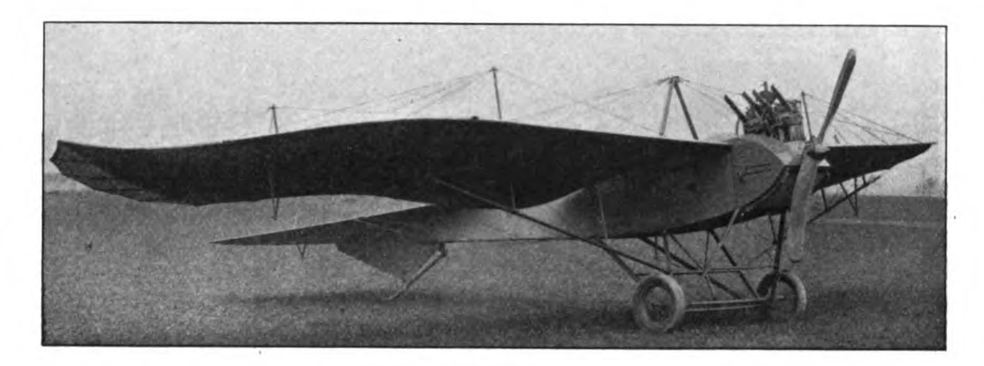


Bild 9. Euler.

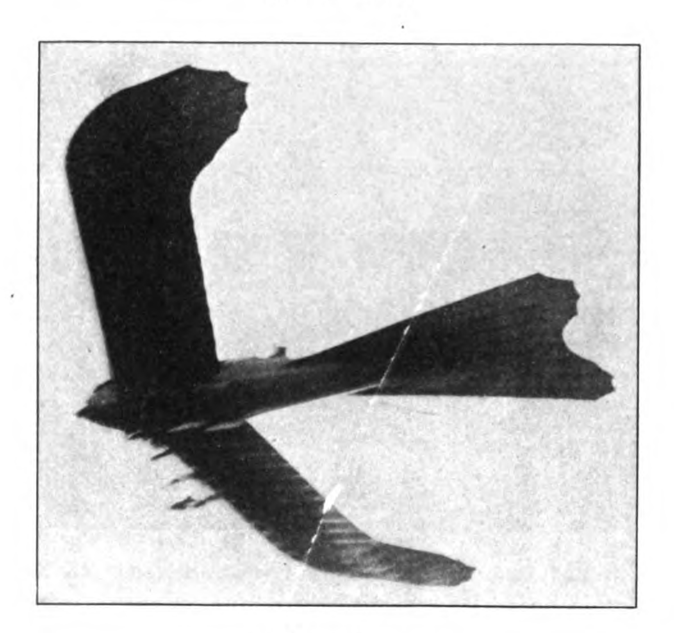


Bild 10. Kondor.



Bild 11. Doppeltaube der Deutschen Flugzeug-Werke.

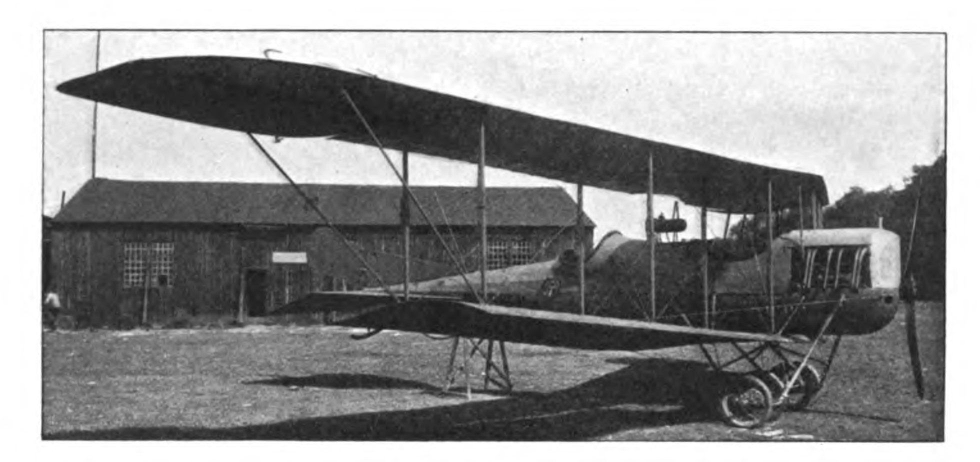


Bild 12. Doppeldecker der Deutschen Flugzeug-Werke.

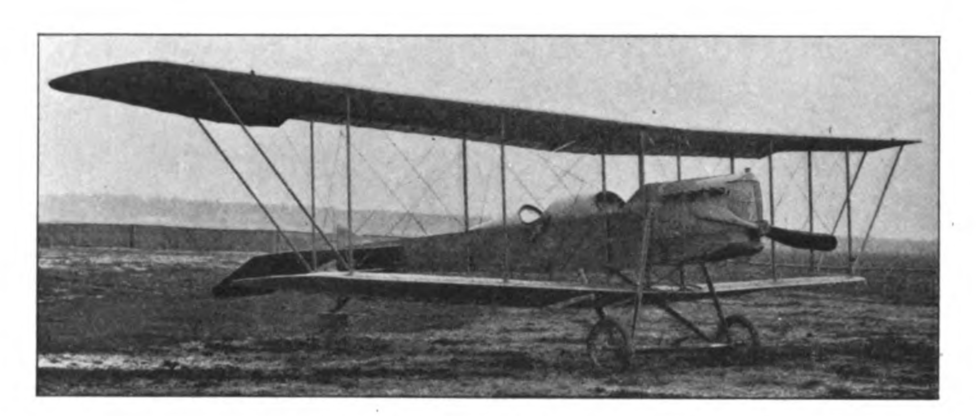


Bild 13. Doppeldecker von Albatros.



Bild 14. Eindecker von Fokker.

Das Flügelprofil ist abweichend von allen anderen Konstruktionen nicht durch eine Rippenkonstruktion fest vorgeschrieben, sondern die Wölbung bildet sich unter der Wirkung des Luftdruckes von selbst. Der Flügelrahmen besteht nur aus 2 kräftigen Stahlrohr-Querholmen mit wenigen geraden Längsstäben, die also breite Felder ganz freilassen, welche nur durch das darüber gespannte Flügeltuch bedeckt werden. Die obere Tuchdecke ist vollkommen geschlossen; in der Unterdecke sind im ersten Drittel jedes Feldes kreisrunde Löcher von gewisser Größe angeordnet, während am hinteren Ende ein schmaler, durchgehender Schlitz von bestimmter Breite vorhanden ist. Durch die runden Öffnungen tritt die Luft mit dem dort herrschenden Überdruck in das Innere ein und bläht die obere Decke zu einem gewölbten Profil auf. Dieser Druck soll nach den hinteren Schlitzen

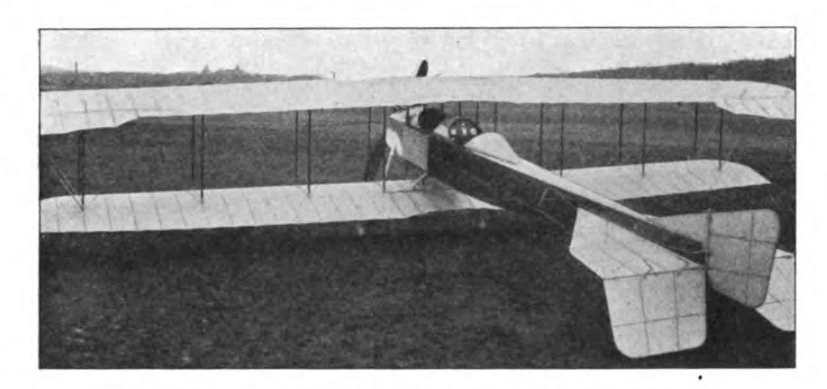


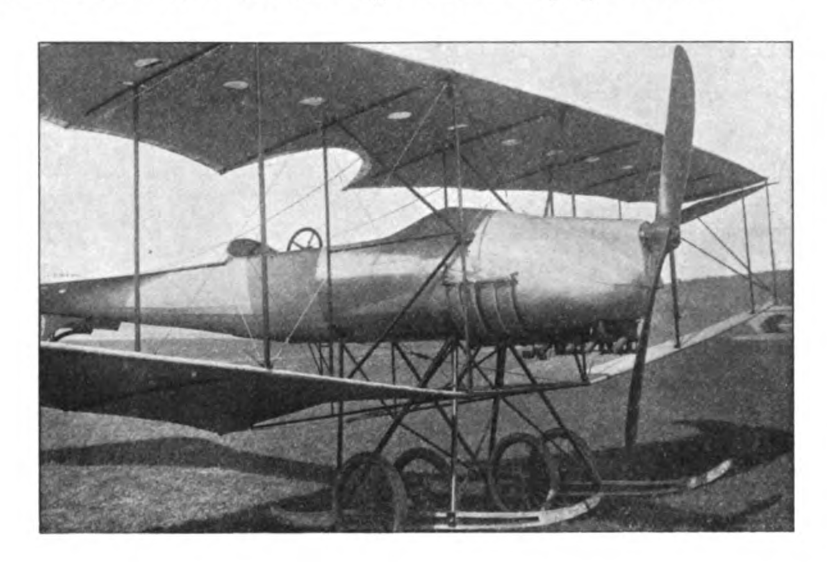
Bild 15. Doppeldecker der Gothaer Waggon-Fabrik.

hin, durch welche Luft austritt, mit gewisser Gesetzmäßigkeit abnehmen. Dadurch ergibt sich eine bestimmte Belastung der Ober- und Unterdecke, die also beide tragen. Ferner wird die Wölbungsform von der außen herrschenden Druckverteilung beeinflußt werden, und sie soll sich dadurch von selbst der jeweiligen Strömung anpassen und plötzlichen Drucksprüngen und Ungleichmäßigkeiten der Druckverteilung entgegenarbeiten, so daß also Wirbelbildungen hinter der Tragfläche hintangehalten werden. Auch kann sich die Profilierung einer Tragdecke seitlich verschieden ausbilden und sie kann an der oberen und der unteren Tragdecke des Doppeldeckers verschieden werden. Diese Bauart soll in der Tat einen besonders guten Auftrieb ergeben haben. Das Flügeltuch ist der ungewöhnlich hohen Beanspruchungen wegen durch eingenähte Stahldrähte verstärkt, die also gewissermaßen die Rippen ersetzen.

Auch die Quersteuerung ist bei dieser Konstruktion eigenartig. Sie erfolgt durch drehbare Hilfsflügel mit vertikaler Drehachse an den Enden der oberen Tragdecke. Der Vorteil soll neben sehr kräftiger Wirkung darin bestehen, daß keine Rückwirkung entsteht, die mit dem Seitensteuer pariert werden müßte.

Auf die eigenartige Vorrichtung zur Erzielung einer selbsttätigen Längsstabilität bei der Baumann-Freytagschen Maschine möchte ich noch nicht näher eingehen, weil sie wohl ihre Probe noch nicht endgültig bestanden hat. Die ganze Tragzelle ist wie ein Höhensteuer drehbar um eine wagerechte Querachse

am Rumpf gelagert und mit dem eigentlichen Höhensteuer am Schwanz, das besonders groß und ebenfalls tragend ausgebildet ist, durch ein doppeltes Seil zu entgegengesetztem Drehsinn gekuppelt. Durch geeignete Wahl der Hebelarme, an denen dieses Seil beiderseits angreift, läßt sich ein Gleichgewicht zwischen beiden herstellen, bei dem die Gewichtsmomente der drehbaren Teile, also die Richtung der Schwere, eine Rolle spielt. Dadurch soll sich erreichen lassen, daß die Maschine stets von selbst der wagerechten Fluglage zustrebt.



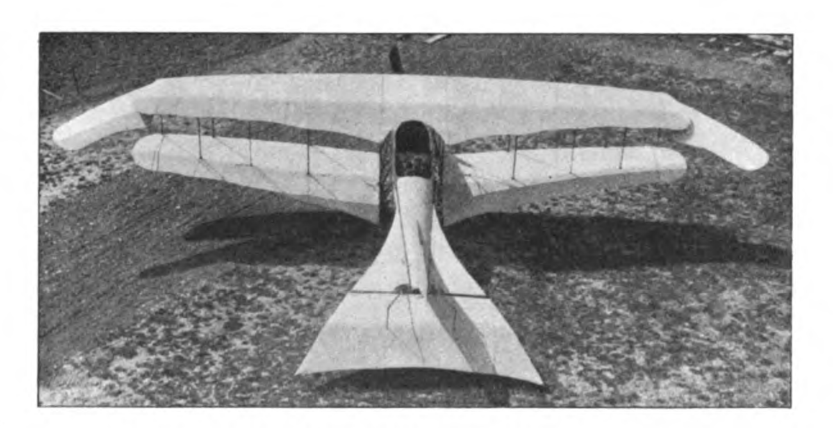


Bild 16 und 17. Doppeldecker von Baumann-Freytag.

Von diesem eigenartigen Versuche abgesehen, hat sich an den Formen der Höhen- und Seitensteuer wenig geändert. Man setzt die Steuer gern glatt anschließend hinter die festen Leitflächen; dabei sucht man Gelenke, besonders beim Höhensteuer, überhaupt zu vermeiden, indem man sie nach dem Vorbild der Etrich schen Bambuskonstruktion durch Biegung des elastischen Flossen ersetzt.

Daß das Seitensteuer seinen Platz besser über als unter den Führungsflossen des Schwanzes hat, weil es dann ähnlich der V-Stellung der Flügel aufrichtend wirkt, wird in Deutschland bei allen guten Konstruktionen beachtet (Bild 18). Der Einfluß ist allerdings nicht erheblich. Beim Seitensteuer legt man zum Teil Wert auf Entlastung der Flügel von den Steuerrücken, legt also, wie beim Schiff, einen Teil der Fläche vor den Drehpunkt. Das vordere Höhensteuer ist fast ganz

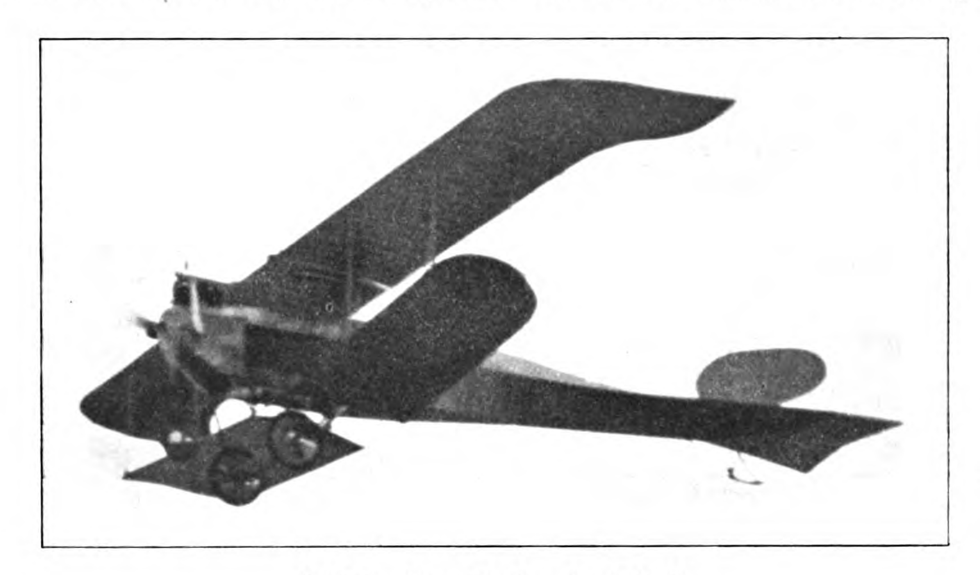


Bild 18. Doppeldecker der A. E. G.

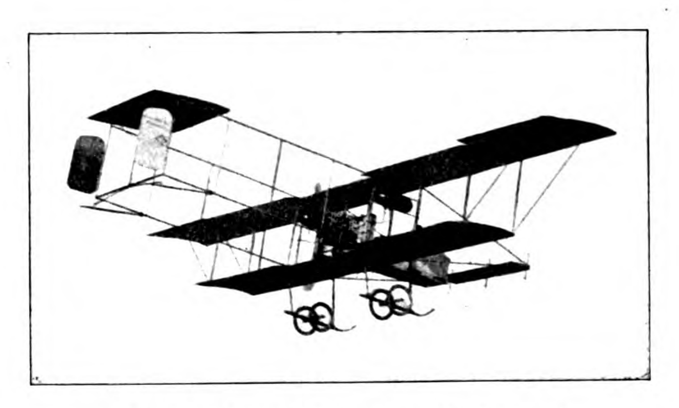


Bild 19. Doppeldecker der Aviatik A.-G.

verschwunden. Selbst in Frankreich hat Farman es jetzt so verkleinert, daß es nur noch als „Indicateur“ dem Auge des Führers dient, der einmal daran gewöhnt, es wohl ungern ganz entbehrt. Die eigentliche Wirkung ist in das hintere Steuer gelegt; man baut dieses trotzdem jetzt überall eindeckig, ebenso wie die feste Führungsflosse. Die plumpe Schwanzzelle der früheren Zeit sieht man nicht mehr. Sogar bei älteren Doppeldeckern, wo das Zellengerüst noch vorhanden ist, läßt man doch

die untere Fläche unbespannt (Bild 19). Die wagerechte Leitflosse wird von manchen durch selbstsperrende Stellvorrichtung einstellbar gemacht (s. das seitliche Handrad in Bild 20), um sie dem jeweiligen Belastungszustand der Maschine anpassen zu können.

Die Quersteuerung wird nach wie vor bei den Eindeckern vorwiegend durch Verwindung, bei den Doppeldeckern mehr durch Klappflügel bewirkt, die man jedoch meist nicht mehr, wie in der ersten Zeit, auf der Seite, die gebremst werden soll, nach unten, sondern nach oben zieht. Man erreicht dadurch bekanntlich, daß sich die Maschine von selbst richtig in die Kurve legt. Vereinzelt findet man zur Quersteuerung bei Doppeldeckern besondere, nicht tragende Hilfsflügel auf mittlerer Höhe zwischen den Tragdecken angeordnet, wie wir es zuerst von dem Doppeldecker von Curtis kennen.



Bild 20. Eindecker der Deutschen Flugzeug-Werke.

Zur Verminderung des Stirnwiderstandes hat man die aerodynamische Ausbildung vielfach wesentlich verbessert. Das schlanke, fischförmige Boot wird meist vierkantig ausgeführt, z. B. in der bekannten Schneiderschen Konstruktion der L. V. G.-Eindecker (Bild 21). Die Kanten dabei möglichst abzurunden, wie es bei Bild 7, 11, 12, 13 u. a. zu sehen ist, ist sicher eine Verbesserung. Vielfach baut man aber auch ganz ovale und sogar kreisrunde Bootsformen, die dann bei gerader Mittellinie zum vollständigen, torpedoförmigen Rotationskörper werden (Torpedo-Eindecker, Bild 22 und 23). So weit zu gehen, dürfte beim Flugzeug nicht berechtigt sein, da man es ja doch mit unsymmetrischen Strömungen zu tun hat, und da sich die Flügel dann nicht organisch anfügen lassen. Rumpler u. a. haben nach einzelnen Versuchen die reine Torpedoform wieder aufgegeben. Richtiger erscheinen ovale Fischformen, mit dem größten Durchmesser senkrecht, wenn die Sitze hintereinander liegen sollen, oder auch querliegend, wenn man 2 Sitze nebeneinander haben will, wie bei dem schönen neuen Eindecker von Hirth (Albatros-Werke, Bild 24). Hier ist eine besonders glatte Linienführung mit sehr schönen Formen erreicht; auch auf die Übergänge vom Rumpf zu den Flügeln ist große Sorgfalt verwendet: besondere Hohlkehlenstücke bedecken die sonst beim Flügelansatz an den Rumpf noch überall vorkommenden unorganischen Ecken. Auch bei den neueren Doppeldeckern hat man zur Verminderung der toten Widerstände viel erreicht durch Beschränkung der Anzahl der Streben und Spanndrähte, durch fischförmige Querschnittausbildung der Streben und durch glatten Aufbau des Ganzen, besonders auch des Fahrgestells (vgl. Bild 25, 18, 13, 12 u. a.).

Schnelle Eindecker.



Bild 21. Luft-Verkehrs-Gesellschaft.

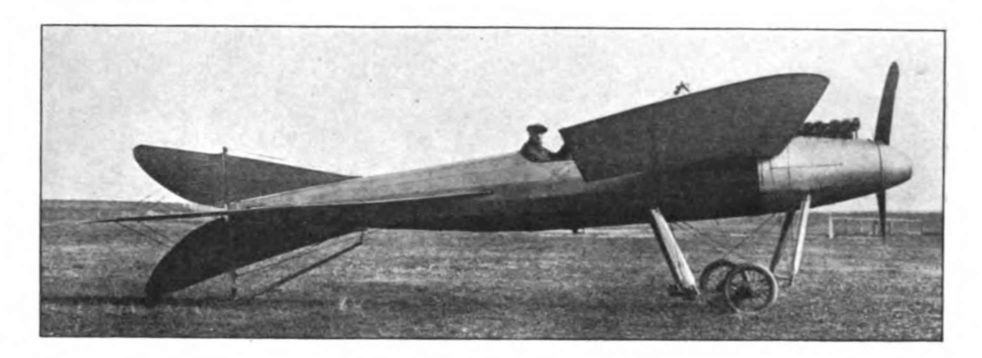


Bild 22. Kühlstein-Torpedo.

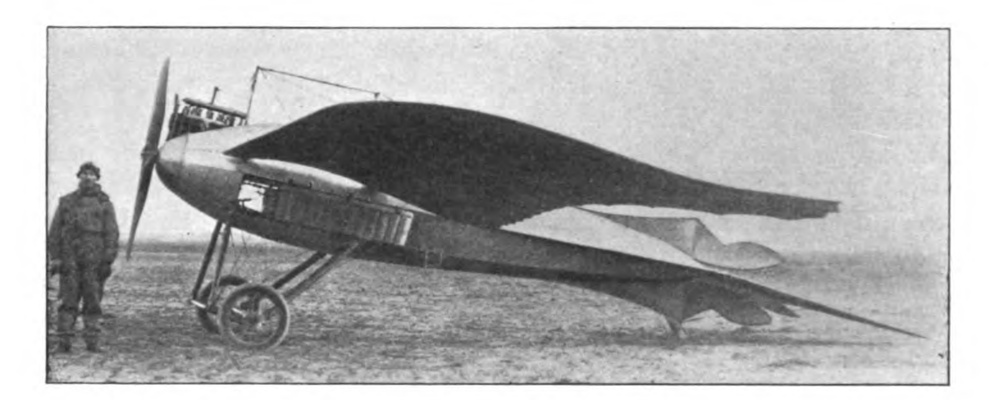


Bild 23. Rumpler.

Wichtig ist in dieser Hinsicht auch die Kühleranordnung. Quer gegen die Luft stehende Automobilkühler sieht man kaum noch. Meist liegen die Kühler in besonderer Ausbildung flach an die Seitenwände des Rumpfes angeschmiegt (Bild 25 u. a.). Manchmal sind sie aber auch in der Stirnfläche des Rumpfes angebracht (Bild 26); die Propellerwelle ragt durch das Kühlrohrsystem hervor. Einige Konstrukteure setzen sie unter den Bug des Rumpfes (Bild 27, auch 16); schließlich, bei dem Hirthschen Eindecker (Bild 24), liegt der Kühler oben, dicht über dem Motor. Diese Anordnung hat insofern einen entschiedenen Vorteil, als Motor und Kühler dadurch zu einem Ganzen vereinigt, und die Verbindungsleitungen möglichst kurz und einfach werden.

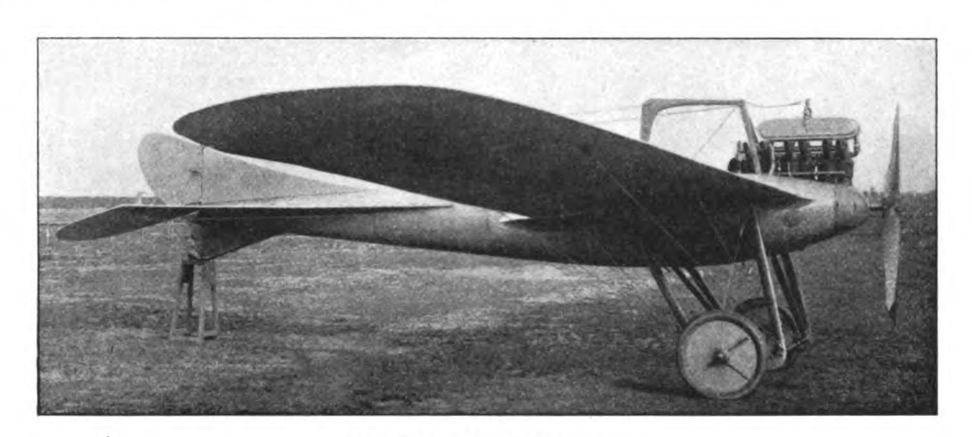


Bild 24. Hirth-Albatros.

Unter der aerodynamischen Ausbildung sind logischerweise auch die Schwimmer der Wasserflugzeuge zu behandeln, die man ja auch als Tragdecken betrachten kann, und deren wissenschaftliche Behandlung unter dem Kapitel Hydrodynamik zu erfolgen hätte. Hydrodynamik und Aerodynamik würden wir ja garnicht getrennt benennen, wenn wir ein gemeinsames Wort dafür besäßen. Vielleicht ist es nicht überflüssig, nebenbei eine gemeinsames Wort dafür vorzuschlagen, das zugleich den Vorteil vollkommener Allgemeinverständlichkeit besitzt: „Strömungslehre" dürfte die Sache vollkommen treffen, denn überall handelt es sich ja um die Erscheinungen und Wirkungen von Strömungen.

Die strömungstechnische Ausbildung der Schwimmer wird von den verschiedenen Konstrukteuren noch sehr verschieden behandelt. Schmale, lange Kästen mit ebenen Seiten- und Grundflächen, vorn nach oben und hinten nach unten zu einer wagerechten Kante ausgezogen, haben sich gut bewährt (vgl. Bild 28 und 29). Nach in Frankre'ch gemachten Erfahrungen soll aber bei bewegtem Wasser eine etwas kielförmige Ausbildung der unteren Fläche vorn wichtig sein.

Mit einem einzelnen, mittschiffs angeordneten Schwimmer wird die erforderliche Geschwindigkeit zum Aufstieg natürlich leichter zu erreichen sein als bei 2 seitlich angeordneten (Bild 30). Wegen besserer Stabilität beim Schwimmen würde man wiederum der letzten Anordnung den Vorzug geben. Die manchmal ange-

Bild 25—27, Kühleranordnungen (vgl. auch 24).

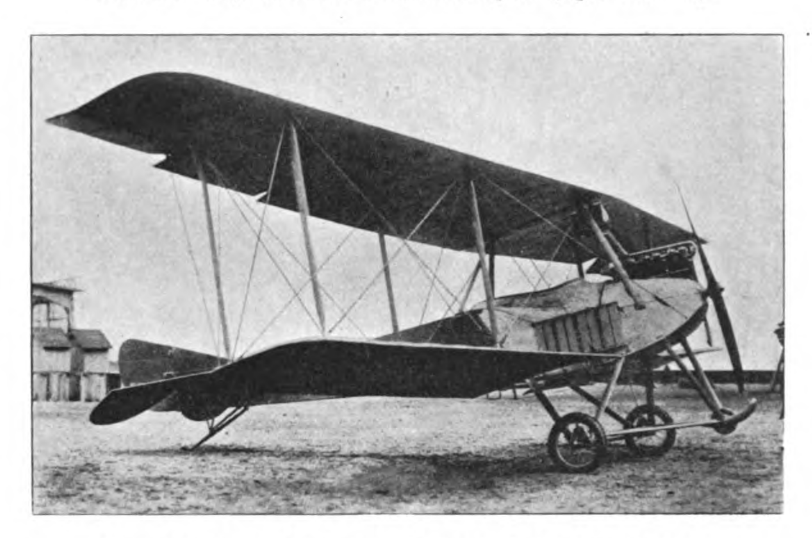


Bild 25. Doppeldecker der Luft-Verkehrs-Gesellschaft.

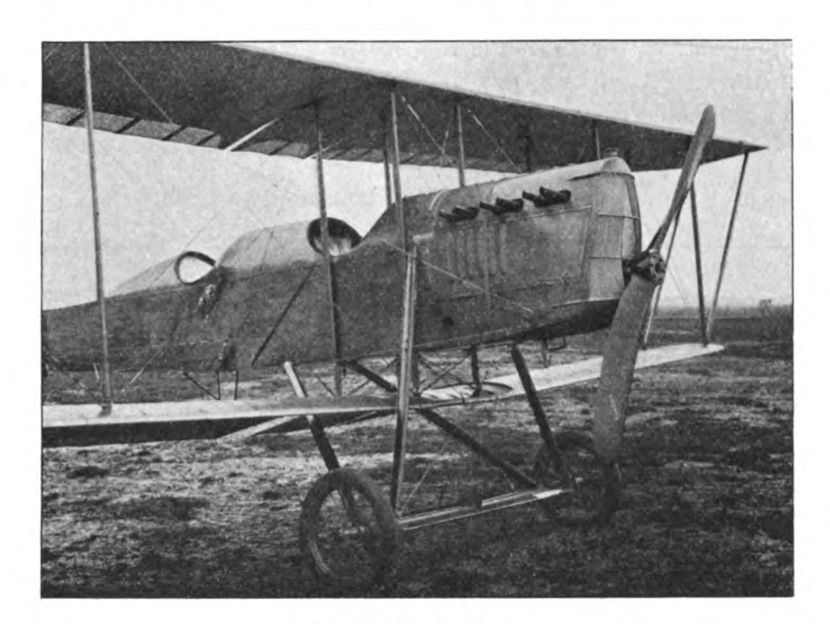


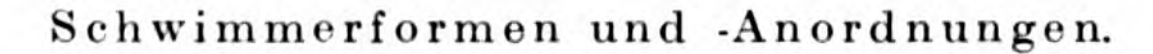
Bild 26. Albatros.

wendete Stufe in der unteren Fläche des Schwimmers entsteht nicht aus strömungstechnischen Gründen, sondern aus der Notwendigkeit, den statischen Auftriebsmittelpunkt des eingetauchten Schwimmers und den dynamischen Auftriebspunkt des sich aus dem Wasser abhebenden Schwimmers, beide unter den Schwerpunkt, aslo in gleiche Längsstellung zum Flugzeug zu bringen. Den Schwimmer zugleich als Boot auszubilden, das die Insassen und auch noch den Motor aufnimmt, wird für die Schwimmstabilität im Seegang vielleicht unentbehrlich sein. Andererseits



Bild 27. Jeannin.

erscheint es mißlich, die Flieger so tief auf die Oberfläche des Wassers zu setzen. Wohl deshalb hat man in Deutschland meist noch den hochliegenden Rumpf, selbst bei eigens für Wasser konstruierten Flugzeugen, beibehalten so bei den Maschinen von Kober, Bild 29 und 30 (Friedrichshafen). Vereinzelt sind auch bei uns schon Flugboote gebaut worden, aber noch nicht erfolgreich hervorgetreten.



Schwimmerformen und -Anordnungen.

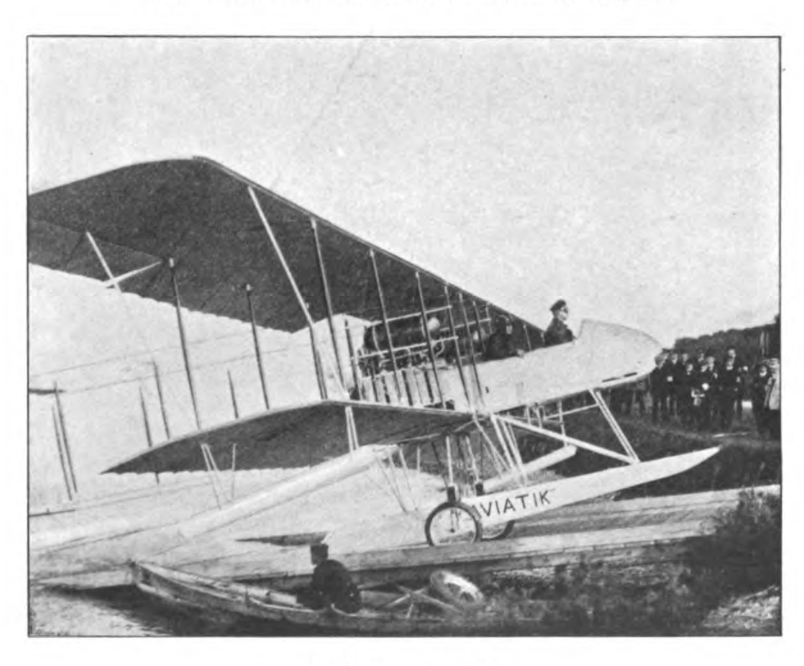


Bild 28. Aviatik.

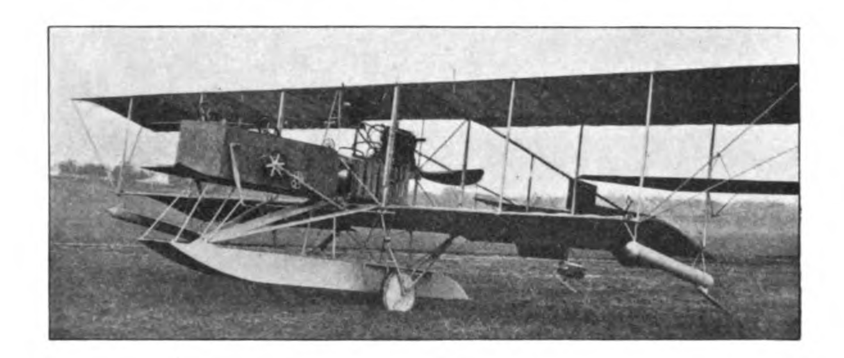




Bild 29 und 30. Flugzeugbau Friedrichshafen.

C.

In der konstruktiven Ausbildung der Maschine sehen wir überall eine Fülle wichtiger Verbesserungen. Um hier den Leistungen der Konstrukteure gerecht zu werden, müßte man über jede einzelne Bauart oder jedes der Hauptglieder einen besonderen Vortrag halten. Wir können nur einige Punkte herausgreifen, die von allgemeinerer Bedeutung zu sein scheinen.

Statt des anfangs vorherrschenden Viereckverbandes bevorzugt man im konstruktiven Aufbau immer mehr den Dreiecksverband, der bei gleicher Festigkeit Gewichtsersparnisse erlaubt. So bildet man einen runden, torpedoförmigen Rumpf durch ein dreikantiges Innengerüst, über das dann kreisförmige bzw. ovale Profilringe gesetzt werden, die außen mit Furnieren oder mit Tuch bekleidet werden, das nur durch längsgespannte Drähte abgesteift wird. Eine andere Herstellungsart ist in Bild 31 gut zu erkennen. Schön, aber wohl recht teuer ist die Herstellung ganz aus Furnierhölzern, wobei die Festigkeit ganz in der Außenhaut liegt (Bild 24).

Auch die offenen Rümpfe oder „Brücken" bei den Doppeldeckern mit hinten liegendem Motor gehen aus der Viereckform allmählich in die Dreiecksform über; da man keine doppeldeckige Kastenzelle, sondern nur noch eindeckige Leitflächen und Höhensteuer am Schwanz anwendet, so zieht man die von den Tragdecken kommenden Längsholme paarweise dreieckförmig zusammen. An der entstehenden wagerechten Kante setzt das Höhensteuer an. Vor dieser liegt die feste Leitfläche.

Als ein durchgehender Zug erscheint weiter die zunehmende Verdrängung des Holzes als Konstruktionsmaterial durch den Stahl in Form von gezogenen, günstig profilierten Rohren. Das Aluminium verschwindet dagegen immer mehr.

Bei den Stahlkonstruktionen sieht man viel Schweißarbeit. Vorsichtige Konstrukteure suchen diese aber tunlichst zu vermeiden So findet man bei der in konstruktiver Hinsicht vorzüglich durchgebildeten Stahltaube von Jeannin, Bild 27, am ganzen Fahrgestell gar keine Schweißstelle.

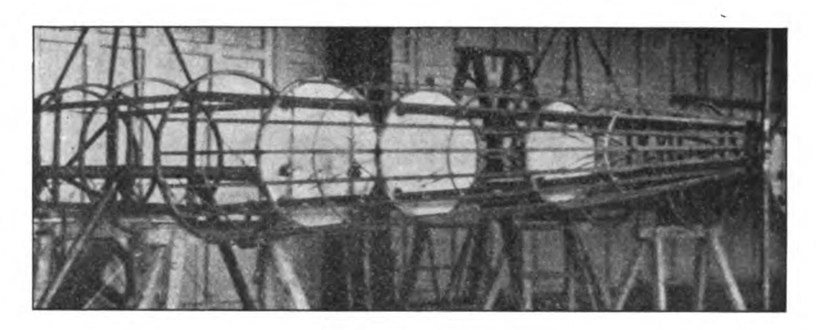
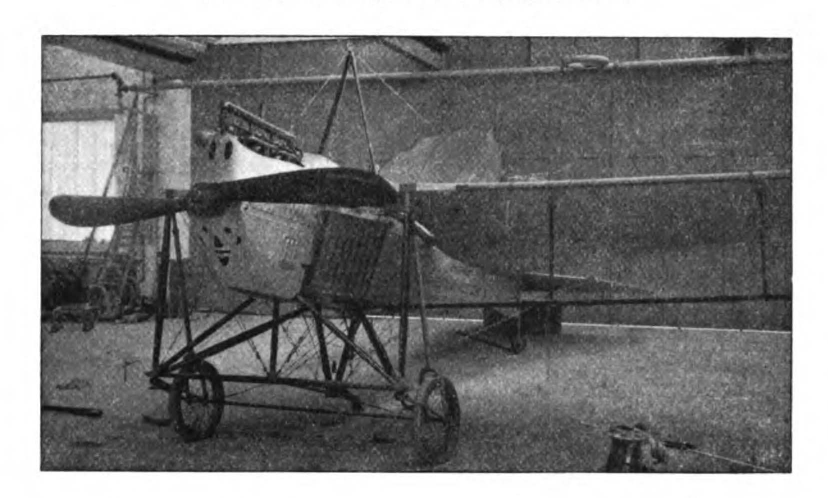


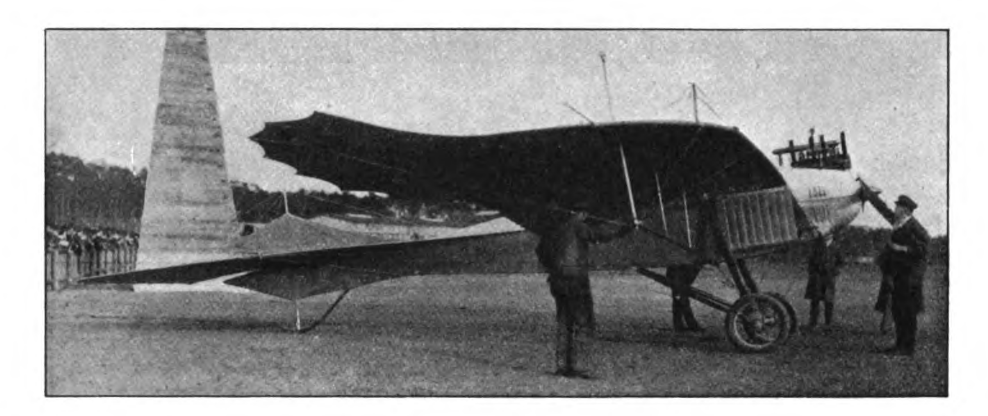
Bild 31. Kondor.

Der allgemeine Zug nach möglichster Vereinheitlichung der Konstruktionsteile innerhalb der einzelnen Werke ist hier ebenfalls zu erwähnen Daß man z. B. bei den Eindeckern und Doppeldeckern mancher Firmen ganz den gleichen Rumpf mit gleichem Fahrgestell usw. verwendet, ist natürlich ein großer fabrikatorischer Vorteil (vgl. z. B. Bild 11, 12 und 20).

An der Verbesserung der Fahrgestelle ist viel gearbeitet worden. Im allgemeinen sucht man sie möglichst niedrig und dafür umso kräftiger zu bauen, mit wenigen aber starken Streben und möglichst ohne Drahtverspannung. Man kann mehrere Ausgangspunkte unterscheiden: Vielfach wird noch die breite Farmansche Grundform als vorbildlich beibehalten — mit 4 tragenden Rädern, je einem Paar an beiden Seiten, jedes Paar für sich in Gummigehängen beweglich, ohne durchgehende Achse, ohne oder mit Kufen beiderseits zwischen den Rädern (Bild 11, 12, 16). In mancher Hinsicht ist andererseits die gedrungene Nieuport-Schneidersche Bauart (Bild 21) vorbildlich geworden mit einer stark abgesteiften Mittelkufe und einem an diese durch Blattfederachse angefügten Räderpaar. Diese hoch beanspruchte Federachse hat sich allerdings nicht bewährt und man greift deshalb auch bei den neueren und schwereren Maschinen der gleichen Herkunft jetzt zu direkter Absteifung der Radlagerpunkte, in welchen die querdurchlaufende Radachse in Gummizügen elastisch aufgehängt wird (Bild 25). Die Bauart in Bild 27 ist offenbar von diesem Vorbild beeinflußt. Vielfach verzichtet man aber ganz auf die Kufe und legt alle Festigkeit in die Radlagerpunkte (Bild 26). Damit kommt man auf die im Grunde natürlichste, aber lange als minderwertig vernachlässigte Lösung zurück, die bei leichten Maschinen (Santos Dumont) schon immer mit Erfolg angewandt wurde (vgl. Bild 1). Zugunsten dieser Richtung wird auch das Blériotsche Vorbild mit 2 Rädern an schwenkbarer, gefederter Dreiecksaufhängung mehr und mehr verlassen. Bezeichnend ist z. B. die Entwicklung des Fahrgestelles

Entwickelung des Fahrgestells.





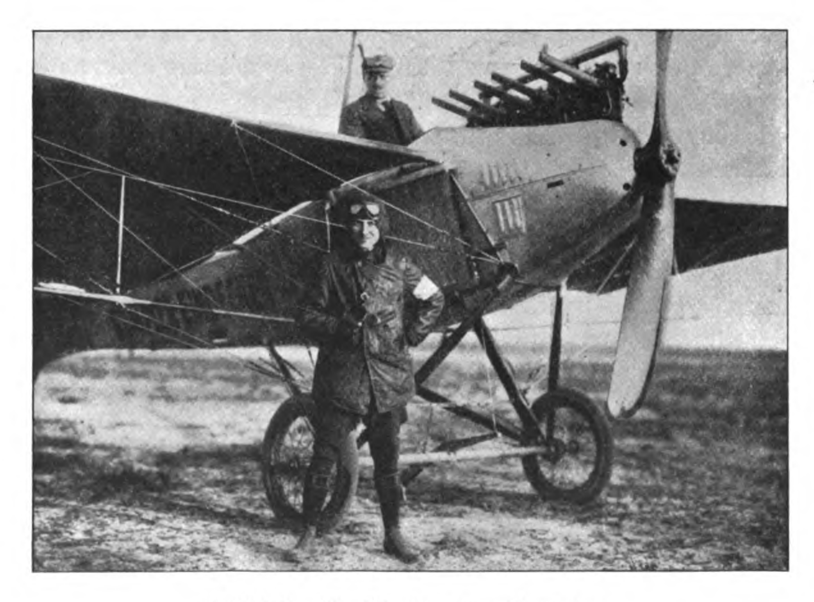


Bild 32—34. Tauben von Rumpler.

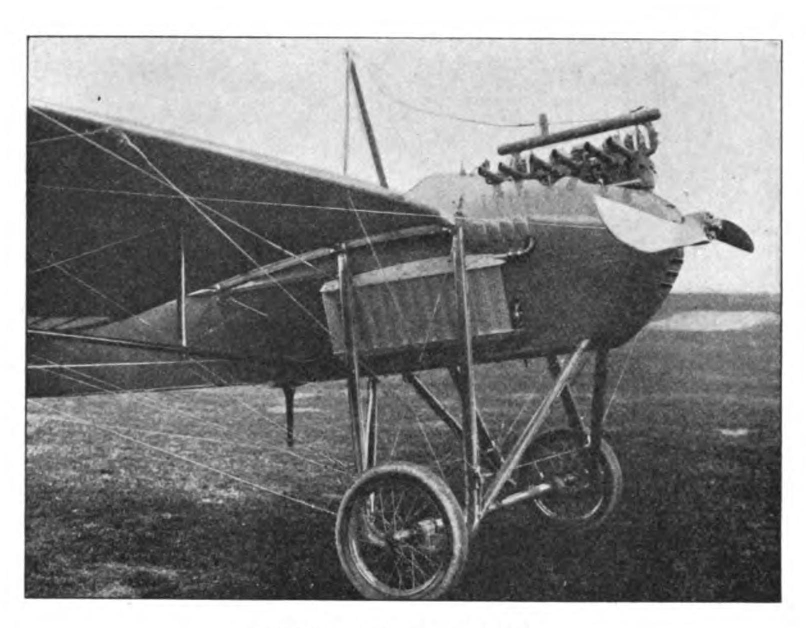


Bild 35. Albatros (1912).

bei den Tauben von Rumpler (Bild 32—34). Die lange allein benutzte Dreiecksaufhängung ist gegen eine Verstrebung vertauscht, bei der zuerst nur 2 schräg von hinten kommende Streben beiderseits verwendet wurden (Bild 33), und nur ein Zugorgan schräg nach vorn zum Kopf des Rumpfes ging. Man hat aber bald dieses Zugorgan durch eine dritte Strebe ersetzt (Bild 34), da man offenbar doch immer auch mit unregelmäßigen, mehr von oben bzw. vorn gerichteten Landungsstößen zu rechnen hat. Bei anderen, sonst ähnlichen Konstruktionen sieht man wiederum den Radlagerpunkt zu einer Art Kufenstück erweitert (Bild 35), das im Notfall als solches in Wirkung treten kann. Bei allen diesen Konstruktionen wird die erforderliche, allseitige Beweglichkeit und Federung des Rades durch die bekannten, von Farman zuerst benutzten Gummiringzüge gegeben, die überhaupt in mannigfachster Anwendungsweise fast bei allen Maschinen zu finden sind. Eine Ausnahme macht gerade hier die Jeanninsche Stahltaube (Bild 27), bei der die Federung der Räder in einem auf Druck beanspruchten Schraubenfederpaar liegt.

Die Konstruktionseinzelheiten der Flügel haben sich im allgemeinen wenig geändert. Die neue, auch in konstruktiver Hinsicht eigenartige Bauart von Baumann wurde schon besprochen. Sonst sind die bekannten Holzrippenkonstruktionen vorherrschend. Vereinzelt sucht man auch die Rippen aus Stahl herzustellen. Die Rippenkonstruktion wird meist auf Ober- und Unterseite bespannt. Dem früher so vielfach gemachten Fehler, auf der Oberseite Unregelmäßigkeiten zuzulassen, begegnet man nirgends mehr. Manche Vorteile scheint die Reißnersche Flügelbauart zu bieten (Bild 36). Der Flügel besteht aus dünnem, wellenförmig zusammengesetzten Aluminiumblech. Statt der Holme sind durch aufgenietete Stahlbänder an der Verdeckkante und in einer hinteren Querebene steife Gitterträger gebildet, deren Diagonalen aus den Blechwellen bestehen. Der Flügel soll

bei der Belastungsprobe eine ausgezeichnete Bruchfestigkeit gezeigt haben und gute Flugeigenschaften besitzen.

Im Propellerbau ist nach wie vor das Holz als Konstruktionsmaterial vorherrschend geblieben. Auch in aerodynamischer Hinsicht hat sich an der Schraubenkonstruktion wenig geändert. Daß die Dauerhaftigkeit der Holzschraube recht beschränkt ist, und daß sie unter Witterungseinflüssen ihre Form leicht verändert, macht sich vielfach stärker fühlbar, seitdem man auf etwas längere Lebensdauer der Maschinen rechnen darf. Deshalb treten verschiedentlich Wünsche nach Schrauben aus Stahl oder dgl. hervor, denen der Propellerbau zu entsprechen suchen wird. Für das Wasserflugzeug erscheint das besonders wichtig. Schon jetzt verwendet man hier Blechbeschläge auf den Holzflügeln.

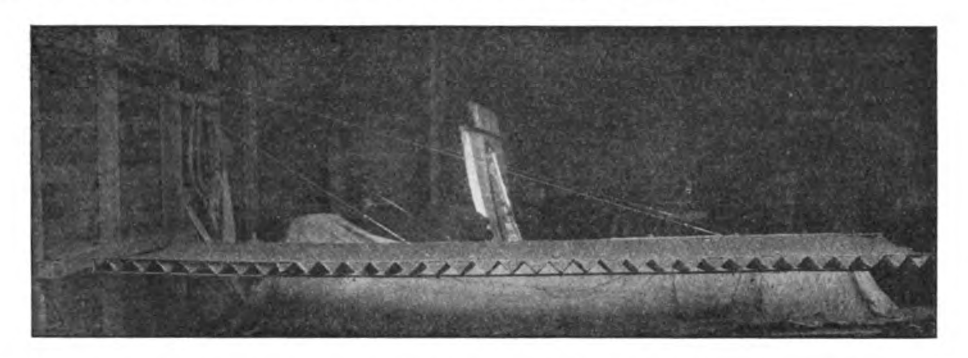


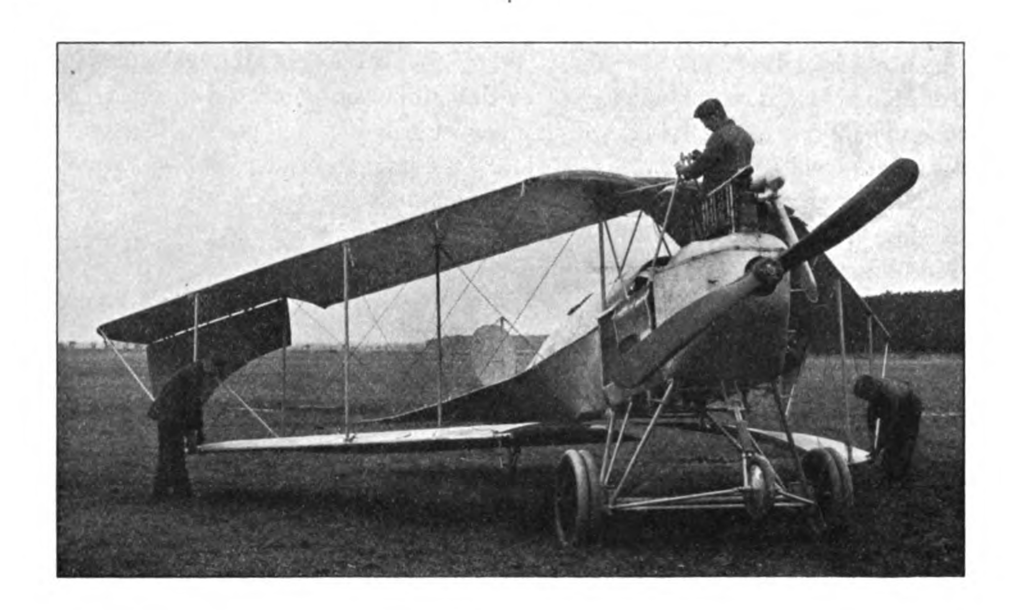
Bild 36. Flügel der Reißner-Ente im Belastungsversuch (vgl. Bild 5).

An den Verbindungsorganen, welche die Tragdecke unter- oder die Flügel mit dem Fahrgestell und dem Rumpf verspannen, sind viele vortreffliche neue Einzelheiten entwickelt worden, um das Nachspannen zu erleichtern und größte Sicherheit gegen Brüche zu erzielen.

Ein wesentlicher Gesichtspunkt dabei ist auch das immer dringender werdende Bedürfnis, die Maschine leicht zerlegen und zum Verladen auf Eisenbahn- oder Straßenfahrzeuge bereit machen zu können. Verschiedene unserer ersten Fabriken haben deshalb die Spanndrähte bzw. Kabel mit leicht zu öffnenden Karabinerhaken versehen, die auf geschickte Weise gegen unbeabsichtigtes Öffnen gesichert werden.

Das Zusammenlegen geschieht in der Regel durch Abnehmen der Flügel oder Tragdecke vom Rumpf. Bei verschiedenen neueren Doppeldeckern (Bild 13, 25) werden die oberen von den unteren Tragdeckenteilen nicht vollständig getrennt, sondern nach Entfernung einiger Spanndrähte durch Umlegen der vertikalen Streben aufeinander geklappt. Durch Lösen einiger Bolzen und Karabinerhaken geht das sehr einfach und schnell von statten. Dann gehen sie mit dem Rumpf zusammen auf einen Wagen. Verschiedentlich sind besondere Transportwagen, in der Regel als Anhänger an Automobile, konstruiert worden, um die zusammengelegten Flugzeuge auf der Straße zu bewegen.

Die A. E. G. ist mit der Packbarkeit noch einen wesentlichen Schritt weiter gegangen. Die Flügel des Doppeldeckers (Bild 18) werden überhaupt nicht abge-



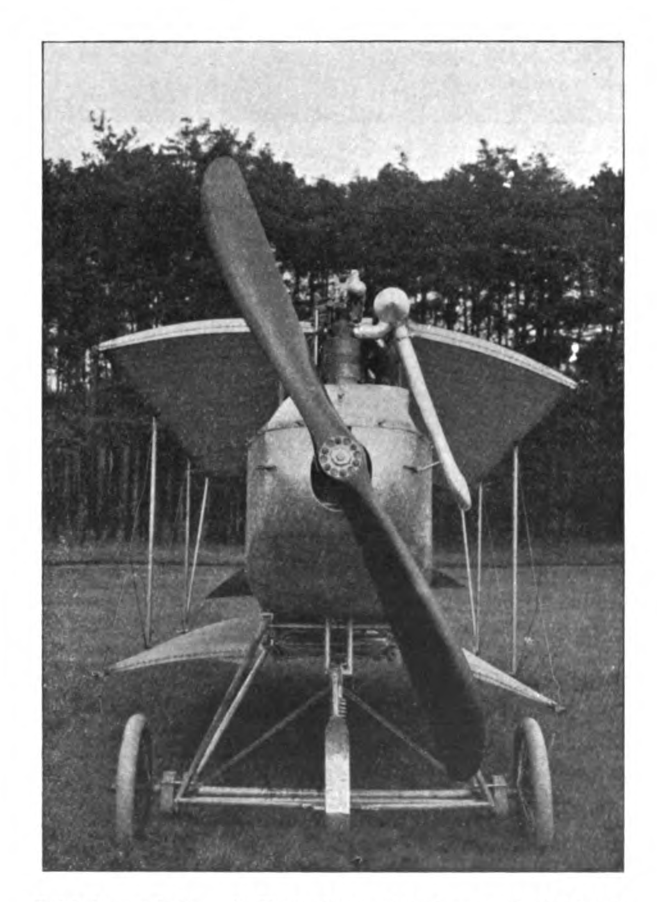


Bild 37 und 38. A. E. G.-Doppeldecker (vgl. Bild 18).

nommen, sondern nach Lösung der Verbindungsbolzen im vorderen Holm, nahe am Rumpf, werden sie um einen in dem hinteren Holmen geschaffenen, besonders verstärkten Drehpunkt nach hinten geschwenkt, so daß ihr Zusammenhang vollständig gewahrt bleibt, während sie eng an den Rumpf gelegt innerhalb des zulässigen Laderaumes für Eisenbahnfahrzeuge verschwinden (Bild 37 und 38). Der Gedanke, in dieser Weise nach dem Vorbilde von Käfern die Flügel einzulegen, liegt ja nicht fern. Bei einer französischen Flugmaschine, die auf Pariser Ausstellungen Aufsehen erregt hat, geschieht das Zusammenlegen sogar vom Sitze aus und die Stellvorrichtung soll gleichzeitig während des Fliegens an Stelle einer Verwindung dienen. Der Mechanismus arbeitet auch sehr schön, wenn die Maschine am Boden steht. Daß sie auch in der Luft gesehen worden wäre, habe ich noch nicht authentisch erfahren können.

Diskussion.

Baumeister **Gustav Lilienthal**-Berlin.

Zunächst ein Hinweis auf die Fähigkeit des Fregattvogels, seinen breiten schwalbenähnlichen Schwanz dachförmig zusammenzulegen und denselben aus einer horizontalen Dämpfungsfläche zu einem Seitensteuer umzubilden.

Auch ist der Fregattvogel imstande, seine Flügelspitze mehr oder weniger zu verbreitern, um sich dadurch eine vergrößerte Tragewirkung an der einen oder anderen Seite zu bilden. Bei Niederschlägen im Ruderflug wird zu gleichem Zweck die Spitze verbreitert. Andere Eigentümlichkeiten, von welchen Flugmaschinenkonstrukteure Nutzen ziehen könnten, waren wegen Kürze der Sprechzeit nicht möglich anzuführen.

Professor **Baumann**-Stuttgart.

Ich möchte mir die Frage erlauben, ob bei dem Gothaer Doppeldecker wirklich die obere Tragfläche in umgekehrter V-Form ausgeführt ist, oder ob es sich nicht um eine Pfeilform handelt und nur die perspektivische Ansicht der Maschine den Eindruck einer umgekehrten V-Form erweckt?

Im allgemeinen möchte ich darauf hinweisen, daß m. E. unsere heutigen Maschinen, speziell die Doppeldecker, vielfach aber auch die Eindecker, Formen aufweisen, die meinem Empfinden nach zu geometrisch sind. Sie stellen in dieser Form m. E. mehr eine konstruktive Idee als eine perfekte konstruktive Lösung dar. Ich möchte das an einem Beispiel näher erläutern, bemerke aber, daß ähnliche Betrachtungen bei sehr vielen Maschinen angestellt werden könnten. Der Grundgedanke der neuerdings beliebten Pfeilform ist in der Hauptsache der, daß die zurückliegenden Vorderkanten eine seitliche Stabilität geben, ähnlich wie z. B. V-Form. Bei strenger und einseitiger Durchführung des Gedankens kommt man so zu Maschinen der

bekannten Art mit einer Vorderkante der Tragfläche, die aus einer gebrochenen geraden Linie besteht, deren Knick in Maschinenmitte liegt. Diese Form erscheint geometrisch und primitiv. Ein weiteres Eindringen in die Wirkung einer solchen Fläche zeigt, daß die aufrichtenden Momente, die sich für diese Form ergeben, in erster Linie durch die äußeren Enden der Tragfläche bedingt sind, während die Wirkung der zurückliegenden Vorderkante um so unbedeutender ist, je näher die Kante bei der Maschinenmitte liegt. Es spricht somit nichts dagegen, in der Mitte der Maschine auf Pfeilform zu verzichten, womit man an Stelle des eckigen Grundrisses zu einem Grundriß entsprechend der Zamonia kommt. Führt man den Gedanken konsequent durch, so wird man auch die übrigen Ecken abrunden und kommt so zu einer Form, die sich der Taubenform nähert.

Professor Dr. **Bendemann**-Adlershof.

Daß der Gothaer Doppeldecker nicht nur scheinbar auf dem Bilde, sondern tatsächlich und absichtlich die umgekehrte V-Form am oberen Tragdeck hat, weiß ich zuverlässig von dem Konstrukteur selbst, der mich darauf aufmerksam machte, daß es auf Wunsch des Fliegers Büchner so ausgeführt werden sollte; dieser hat die Erfahrung gemacht, daß dadurch besonders gute Stabilität erzielt wird.

Welche Anforderungen müssen an die Gesundheit der Führer von Luftfahrzeugen gestellt werden?

Vortrag, gehalten vor der Hauptversammlung am 5. Juni 1913.

von

Dr. E. **Koschel**, Stabsarzt im Regiment Königin Augusta, Berlin.

Euere Exzellenzen, meine Herren!

Bei allen Fahrzeugen, gleichviel, ob auf der Erde, auf dem Wasser oder in der Luft, dessen Führung in der Hand eines Einzelnen liegt, hängt das Heil der Mitfahrenden unbedingt davon ab, daß der Führer nicht durch irgendwelche Gesundheitsstörungen die Fähigkeit verliert oder auch nur in der Fähigkeit beeinträchtigt wird, seine verantwortungsvolle Aufgabe durchzuführen.

Die Gefahr ist nicht bei allen Fahrzeugen gleich groß. Auf der Lokomotive kann immerhin der Heizer den erkrankten Lokomotivführer wenigstens notdürftig ersetzen, er kann den Zug zum Stehen bringen; auf den elektrischen Schnellbahnen ist dem Zugführer ein Begleitmann beigegeben, der ihn ablösen kann; in der Führergondel des Luftschiffes kann nötigenfalls einer der übrigen Mannschaften eingreifen. Wir können uns aber darauf nur wenig verlassen, besonders, wenn wir berücksichtigen, daß in vielen Fällen der erkrankte Führer durch seine Krankheit, mag es ein Schlaganfall, ein Krampfanfall, eine Herzschwäche, ein Angstzustand oder gar eine plötzlich ausbrechende Geisteskrankheit sein, allein für seine Person wenigstens einen Menschen beschäftigen wird.

Bei weitem am größten ist die Gefahr im Kraftwagen und im Flugzeug, weil der Führer überhaupt nicht ersetzt werden kann, und bereits kleine Fehler des Führers bei schnellfahrenden Kraftwagen in den meisten Fällen, beim Flugzeug immer zur Katastrophe führen müssen.

Im Freiballon hat der Führer zwar Mitfahrer bei sich, sie besitzen aber selten selbst die volle Fähigkeit zu führen, und wenn sie auch vielleicht schon etwas davon verstehen, so werden diese mäßigen Fähigkeiten durch die große nervöse Erregung, plötzlich die ganze Verantwortung tragen zu müssen, noch beeinträchtigt, und in der Erregung machen sie die schlimmsten Fehler. Mir sind allerdings auch drei oder vier Fälle gegenwärtig, wo der Ballon durch Herausfallen des Führers führerlos wurde und dennoch glücklich landete; jedoch dürfen wir uns auf diesen glücklichen Zufall nicht verlassen.

Das einzige Mittel, die Gefahr der Erkrankuug des Führers, soweit es überhaupt menschenmöglich ist, auszuschließen, bleibt die sorgfältigste ärztliche Untersuchung der Führeraspiranten und die Stellung der größten Anforderungen.

Die Eisenbahnverwaltung hat die Untersuchung auf gesundheitliche Tauglichkeit vor der Einstellung als Beamter und Hilfsbeamter längst eingeführt und die Anforderungen in den Vorschriften für die Feststellung der körperlichen Tauglichkeit begrenzt.

Für die Kraftwagenführer besteht die Vorschrift der ärztlichen Untersuchung. Ich habe hier den ärztlichen Fragebogen in der Hand; er ist, wie Sie sehen, reichlich knapp und reicht, wenigstens ohne nähere Ausführungsbestimmungen, meiner Ansicht nach nicht aus, die gesundheitliche Eignung genügend sicher festzustellen, aus Gründen, die ich gleich erörtern werde.

Noch vor wenigen Jahren war für die Führer von Luftfahrzeugen eine Untersuchung nicht vorgeschrieben. Die Vereine ernannten ihre Aspiranten zu Führern und vertrauten ihnen Mitfahrer an, ohne die Gewißheit zu haben, daß ihre Führer neben ihren führertechnischen Kenntnissen, die allerdings geprüft wurden, auch die gesundheitliche Tauglichkeit besitzen.

Erst die Anregung einer Reihe von Ärzten, die der Privatdozent Dr. Halben zusammenrief, nachdem Stabsarzt Dr. Flemming bereits früher auf die Notwendigkeit aufmerksam gemacht hatte, veranlaßte den Deutschen Luftschiffertag in Breslau, die ärztliche Untersuchung der Aspiranten vorzuschreiben.

Diese Untersuchungen werden in den verschiedenen Vereinen verschieden gehandhabt, da es keinen für alle Vereine verbindlichen Fragebogen gibt, und vor allem — und das halte ich für das Wesentlichste — da es nicht feststeht, welche Anforderungen gestellt werden müssen.

Vor einigen Monaten erhielt ich vom Deutschen Luftfahrerverband die Aufforderung, an der Aufstellung eines Fragebogens mitzuwirken und auch zu dem für Kraftwagenführer vorgeschriebenen Stellung zu nehmen.

Bereits seit Beginn meiner Luftschifferlaufbahn, der jetzt 12 Jahre zurückliegt, haben mich die ärztlichen Fragen naturgemäß besonders interessiert, und ich habe Gelegenheit gehabt, an etwa 90 Mitfahrern und mir selbst Beobachtungen zu machen.

Bei der Untersuchung müssen zunächst diejenigen Veranlagungen, Krankheitshinweise und Krankheitszustände Berücksichtigung finden, die schon unter gewöhnlichen Verhältnissen auf der Erde zu Funktionsstörungen Veranlassung geben können, ferner ist zu untersuchen, ob solche Erscheinungen, die auf der Erde unter gewöhnlichen Verhältnissen nur unwesentliche Funktionsstörungen machen, unter den erhöhten Anforderungen bei Luftfahrten zu wesentlichen Störungen führen können. Schließlich ist zu untersuchen, ob geringe Abweichungen, die auf der Erde überhaupt keine Funktionsstörungen hervorrufen, bei den erhöhten Anforderungen bei Luftfahrten störend wirken können.

Wesentliche Fingerzeige, auf welche Punkte die Untersuchung besonders Wert legen muß, ergibt die Vorgeschichte.

Daher sind folgende Fragen unbedingt notwendig:

Ob in der Verwandtschaft jemand — und, zutreffenden Falles, wer — an:

a) Geisteskrankheit, Epilepsie oder anderen Nervenkrankheiten, Trunksucht oder Selbstmordneigung,

b) an Tuberkulose litt.

Werden diese Fragen bejaht, so sind bei der Untersuchung des Nervensystems und der Lungen ganz besonders hohe Anforderungen zu stellen und auch nach selbst überstandenen Krankheiten auf diesen Gebieten ganz besonders eindringlich zu forschen.

Wir Militärärzte wissen es von den Freiwilligenuntersuchungen, wie gern die jungen Leute ihre überstandenen Krankheiten und alles, was ihrer Meinung nach ungünstig wirken könnte, verschweigen, in dem brennenden Wunsche, ja nicht zurückgewiesen zu werden. Das gleiche gilt von denjenigen, die sich um das Führerzeugnis bewerben. Man muß den zu Untersuchenden nicht nur fragen, ob er einmal krank war, sondern muß seinem Gedächtnis etwas nachhelfen, da er leicht etwas vergißt oder für unwesentlich hält, was von der größten Bedeutung sein kann.

Ich möchte außerdem die Fragen, die der bahnärztliche Fragebogen enthält, empfehlen:

a) Haben Sie Militärdienst geleistet?

b) Welchen?

c) Wenn nicht, weshalb nicht?

d) Wenn als Invalide entlassen, weshalb?

e) In welchen militärischen Verhältnissen stehen Sie zurzeit?

Es ist natürlich durchaus nicht notwendig, daß der Führer Soldat war; aber der untersuchende Arzt kann aus den Angaben wichtige Fingerzeige für die Untersuchung gewinnen.

Bezüglich der überstandenen Krankheiten empfehle ich sogar, noch weiterzugehen und noch mehr Einzelheiten zu fragen. Ich weiß, daß manche Fragen überflüssig erscheinen werden, aber je mehr gefragt wird, detso intensiver wird das Gedächtnis des zu Untersuchenden unterstützt.

a) Welche Krankheiten haben Sie durchgemacht?

b) Haben Sie Gelenkrheumatismus, Bluthusten, Blutbrechen, Herzbeschwerden durchgemacht?

c) Haben Sie jemals an einer Nerven- oder Geisteskrankheit gelitten, insbesondere haben Sie an Ohnmachtsanfällen, vorübergehenden, wenn auch noch so leichten Bewußtseinsstörungen (Absences), an Krampfanfällen, Lähmungen, Schwindelanfällen, Blutandrang nach dem Kopf, Angstzuständen, innerer Unruhe gelitten?

d) Hatten Sie eine wesentliche Verletzung, insbesondere des Kopfes, oder einen Knochenbruch, Verrenkung, Verstauchung? Haben Sie einen Unfall erlitten? Haben Sie eine Operation durchgemacht?

e) Hatten Sie ein Ohrleiden oder Augenleiden?

Ich habe meinen besonderen Grund, diese ganz ins einzelne gehende Fragestellung zu empfehlen, da ich selbst einmal bei einer Untersuchung bei einem Aspiranten beinahe ein Leiden übersehen hätte, das die unglückseligsten Folgen hätte zeitigen können, wenn er Führer geworden wäre.

Ich fragte ihn, ob er an irgendwelchen nervösen Störungen gelitten hätte, und glaubte besonders sorgfältig zu sein, als ich ihn speziell nach Krämpfen, Lähmungen, Angstzuständen, Zwangsvorstellungen fragte. Alles wurde verneint.

Ich untersuchte die Pupillen, die Funktionen der Hirnnerven, die Reflexe, die Fähigkeit mit geschlossenen Augen sicher zu stehen, den Puls. Alles war regelrecht. Nur eine gewisse Verlegenheit und dabei der Eifer, alles als äußerst günstig darzustellen, machte mich stutzig. Ich stellte Nachforschungen an und hörte von einem Vereinsfreunde die erstaunte Frage: „Haben Sie nicht gesehen, daß dem Manne ein Stück Schädel fehlt?" Ich bestellte ihn nochmals zur Untersuchung und fand unter der wohlgeordneten Frisur, daß ein dreiviertelhandtellergroßes Stück des Schädelknochens lose aufsaß und mit dem Gehirn pulsierte. Der Untersuchte war einmal, angeblich infolge falscher Diagnose, am Schädel operiert worden. Ich erfuhr dann, wieder auf Umwegen, daß dieser Herr sogar im Ballon eine, wenn auch kurze, Bewußtseinsstörung durchgemacht hatte, die zweifellos als eine vom Druck auf die Hirnrinde ausgehende epileptische Störung aufzufassen war. Ich betone, daß ich nach Bewußtseinsstörungen ihn zufällig nicht gefragt hatte. Der Bewerber ließ sich dann dieses Knochenstück operativ entfernen, aber ich habe trotzdem — jeder Nervenarzt und Chirurg wird mir Recht geben — ihn für untauglich erklärt, weil die Hirnrinde so lange schon gedrückt war, daß mir eine völlige Erholung nicht sicher schien. Er hatte mir die ganze Sache nicht mitgeteilt, weil er sie für „unwesentlich" hielt. Ich werde mich hüten, das anzuzweifeln. Der lebhafte Wunsch, etwas zu besitzen, mag ja das Urteil verwirren.

Diese Erfahrung hat mich aber auch zu der Ansicht des bekannten Nerven- und Bahnarztes Dr. Placzek bekehrt, zu empfehlen, daß von den zu Untersuchenden die eigene Unterschrift unter die Angaben der Vorgeschichte gefordert wird, wie es beispielsweise bei allen Versicherungsgesellschaften Brauch ist. Wir Gerichtsärzte wissen, wie sehr der Eid das Gedächtnis des Zeugen unterstützt, und ich bin überzeugt, daß dies auch durch die Unterschrift erreicht wird.

Wir lernen ferner aus diesem Beispiel, daß der Führer verpflichtet werden muß, derartige Fälle zur Sprache zu bringen. Die Rücksicht auf seinen Freund war unangebrachte Kameradschaft, und die Kameradschaft den vielen gegenüber, die später als Mitfahrer mit dem Kranken gefahren und vielleicht durch ihn verunglückt wären, war an erste Stelle zu setzen.

In den Abschnitt „Ärztlicher Befund und Gutachten" ist zunächst die in den meisten Fragebogen übliche Frage aufzunehmen:

Ist der Bewerber dem Arzte bekannt?

Hat er ihn bereits behandelt und woran?

Und ich rate hinzuzusetzen:

Hat er mit ihm bereits eine Luftfahrt unternommen?

Es ist erklärlich, daß diese Tatsachen die Untersuchung erleichtern.

Macht der Bewerber den Eindruck eines gesunden und kräftigen Menschen?

Es ist notwendig, daß der Führer kräftig ist, da die Arbeit, die man in jedem Luftfahrzeug, mag es Flugzeug, Luftschiff oder Freiballon sein, schon unter gewöhnlichen Verhältnissen zu leisten hat, groß ist, bei Zwischenfällen aber, z. B. beim schnellen Abheben von Ballastsäcken und dergleichen, sich noch erheblich steigert.

Finden sich an den Gliedmaßen Mängel oder Gebrechen?

Sind Knochenaufreibungen oder -verbildungen vorhanden?

Hemmen sie die Brauchbarkeit des betreffenden Gliedes?

Es ist notwendig, daß der Führer im Besitz seiner sämtlichen Gliedmaßen ist, und daß alle großen Gelenke frei beweglich sind. Der Führer muß in der Lage sein, gegebenenfalls eine Strickleiter erklettern zu können oder beim Freiballon sich in den Korbring schwingen zu können, um vielleicht eine Leine klar zu machen. Er muß nach einer Baumlandung hinunterklettern können, um Hilfe zu holen usw.

Ich weiß, daß wir einen verdienstvollen Führer haben, dem ein Arm fehlt; aber ich halte es für falsch, solche Fehler nicht zu beanstanden.

Nach überstandenen Verletzungen an den Gliedmaßen muß so weit Heilung eingetreten sein, daß keine besonderen Vorsichtsmaßregeln mehr nötig sind. Vorsicht auf der einen Seite kann zur Unvorsichtigkeit auf der anderen Seite führen. Bei meinen Erhebungen erhielt ich eine Auskunft, daß ein Fahrer im Freiballon, um sein eben verstaucht gewesenes Knie zu schonen, einen so hohen Klimmzug machte, daß er mit den Beinen außerhalb des Korbs lag und bei der Schleiffahrt sich nun noch das andere Knie verstauchte. Wenn ein Fußgelenk versteift ist, ist die Kniebeuge, das lose Stehen bei der Landung unmöglich, der Flugzeugführer ist in der Bedienung des Seitensteuers behindert.

Wenn ein Freiballonführer glaubt, zur Schonung einer alten Kniequetschung fingerdicke, bis zu den Hüften reichende Filzstiefel anziehen zu müssen, um sich bei der Landung nicht zu stoßen, oder, wie ich es erlebt habe, einen Schwimmgürtel umbindet, um eine früher gequetschte Rippe zu schützen, so halte ich ihn solange dieser Zustand besteht, nicht für brauchbar zum Führer, weil dieser sich unter Umständen schneller und ausgiebiger bewegen muß, als es eine solche Verpackung zuläßt.

Ist die Stimme kräftig?

Besteht Stottern erheblichen Grades?

Es muß verlangt werden, daß die Stimme kräftig ist und die Sprache gut verständlich ist. Der Führer in jeder Art von Luftfahrzeugen (das Flugzeug ausgenommen) hat oft schnell Anordnungen zu geben, die sofort und leicht verstanden werden müssen.

Wie ist der Bau des Brustkorbes?

Sind die Lungen gesund?

Der Bau des Brustkorbes gibt uns einen Fingerzeig, ob wir bei großer Flachheit auf Lungentuberkulose fahnden müssen, bei zu starker Wölbung und faßförmiger Erweiterung auf Lungenblähung. Tuberkulose schließt die Tauglichkeit zum Führer aus, schon wegen der Gefahr der Lungenblutung, die oftmals bereits als Frühzeichen eintritt, ebenso Lungenerweiterung höheren Grades, da bei größeren Höhen durch die ungenügende Ausatmungsfähigkeit der schädliche Raum zu groß wird.

Ist das Herz gesund?

Besteht eine Erkrankung der Blutgefäße?

Von den Herzfehlern haben wir die Herzmuskelschwäche und die Klappenfehler besonders zu berücksichtigen. Die Gefahr für das Herz ist zunächst die körperliche Anstrengung überhaupt. Ich habe bereits vorhin auf die große körper-

liche Arbeit hingewiesen, die der Führer oft leisten muß, besonders im Freiballon. In der ersten halben Stunde ist das Gepäck im Korb richtig zu verstauen, dann kommt das Ordnen des Ballasts. Man kann vorher sagen und anordnen, was man will, es stimmt so gut wie nie. Es hängen drei bis fünf Säcke a 18 kg an je einer Korbleine — ich denke an Fahrten mit Wasserstoffgas —; man will die Säcke teilweise hineinheben. Häufig sind die Säcke von verschiedenen Mannschaften gleichzeitig angehängt. Man hakt den Haken, der die Sackleine vereinigt, aus einem der Ringe aus, um den Sack hineinzuheben, aber es geht nicht, die Leinen eines anderen Sackes klemmen. Nun muß der darüberliegende erst entfernt werden, dabei soll man noch den ersten Sack mit einer Hand festhalten. Ich bin ziemlich kräftig, aber oft mußte ich einen Mitfahrer helfen lassen, um den Sack nicht fallen zu lassen. Es gibt Situationen, in denen sich diese Arbeit häuft, wo man kurz hintereinander vier fünf, sechs Säcke frei machen muß.

Es ist gleichgültig, ob Herzmuskelschwäche oder Klappenfehler vorliegt, diese Arbeit ist zu schwer, sie strengt schon das gesunde Herz an.

Das gleiche wie für das Herz gilt für die Blutgefäße. Eine nur einigermaßen vorgeschrittene Arteriosklerose hält diesen Anstrengungen nicht stand. Bei der mangelnden Elastizität der Aderwandungen ist die Gefahr des Platzens und damit des Schlaganfalls gegeben. Die Arteriosklerose hat aber auch noch eine andere Bedeutung. Durch die Verdickung der Aderwandung wird das Gefäßlumen kleiner und die Blutversorgung des Gehirns eine ungenügende. Wenn nun mit zunehmender Höhe der Sauerstoffgehalt der Luft abnimmt, wird die Ernährung des Gehirns schon frühzeitig unzureichend, und es stellen sich Funktionsstörungen, Unsicherheit in den Bewegungen, Schwindel, Vergeßlichkeit, Störungen des Gedankenablaufs ein.

Der Einfluß der größeren Höhen auf Kreislauf und Atmung ist wiederholt ausführlich bearbeitet worden von Schroetter, Zuntz, Flemming und anderen. In der Flemmingschen Arbeit sind auch meine Beobachtungen verwertet, namentlich über Blutdruck, die wir bei gemeinsamen Hochfahrten angestellt haben.

Wenn wir aber die Anforderungen untersuchen, die an die Gesundheit des Führers gestellt werden müssen, so dürfen wir nicht die Fahrten in sehr große Höhen zugrunde legen, denn diese braucht er ja nicht auszuführen, sondern Fahrten bis zu 3—5000 m. Im übrigen kann ich nur sagen, die beabsichtigten und vorbereiteten Fahrten in sehr große Höhen über 8000 m sind bei weitem nicht so gefährlich wie das unbeabsichtigte Erreichen mittlerer Höhen von 3—5000 m. Ich habe immer den Standpunkt vertreten, daß eine richtig angelegte Hochfahrt mit zweckmäßig dosierter Sauerstoffatmung überhaupt keine Gefahr bietet, vorausgesetzt, daß die Apparate funktionieren. Der Blutdruck steigt nur bei den ersten 2—3000 m, und zwar unerheblich, er bleibt dann in gleicher Höhe. Die Pulszahl, die vor Beginn der Sauerstoffatmung steigt, fällt dann wieder fast bis zur Normalzahl. Ich habe im Jahre 1911 bei unzweckmäßiger Sauerstoffatmung — ich atmete immer nur, wenn mir schlecht wurde —, bereits bei 5000 m 140 Pulsschläge gezählt, bei 6000 fast 160, ich habe dagegen 1912 bei frühzeitig (3500 m) angefangener Sauerstoffatmung und einer Dosierung von 5—6 l in der Minute stundenlang Höhen von mehr als 7500 m und bei einer anderen Fahrt längere Zeit über 9000 m

ohne die allergeringsten Beschwerden ausgehalten; die Pulszahl stieg nie über 100, und diese Zahl darf uns nicht wundern, wenn man berücksichtigt, daß wir doch in wenigen Stunden allmählich 60 Sack Ballast zu je 18 kg, die noch dazu teilweise recht unbequem hingen, auf den Korbrand gehoben und ausgeschüttet haben. Ich darf hier noch hinzufügen, daß die Sauerstoffmenge, wie ich aus Besprechungen mit anderen Hochfahrern entnommen habe, im allgemeinen zu hoch angenommen wird. Bei einer Dosis von 5—6 l in der Minute hatten Dr. Bröckelmann und ich bei mehrstündigem Aufenthalt über 7500 m schon sicher sehr reichlich Sauerstoff, denn die Zahl unserer Atemzüge, die sich bei 3000 m ohne Sauerstoff schon auf 26 bis 28 gesteigert hatte, sank bei dieser Gabe auf 11 bis 12 Atemzüge in der Minute, so daß wir also bereits Sauerstoffüberfluß hatten.

Wenn wir nun auch von den Führern nicht verlangen dürfen, daß sie solche besonders großen Höhen ertragen können, so müssen wir aber unbedingt verlangen, daß sie Höhen von 3 bis 4000 m noch ohne Beeinträchtigung ihrer Leistungsfähigkeit auch ohne Sauerstoff vertragen, da man in diese Höhen bei jeder Fahrt, namentich bei sonnigem Wetter nach Nachtfahrten und unter Umständen bei aufsteigenden Luftströmungen kommen kann. Ich denke noch daran, wie ich im vorigen Jahre in der Gewitternacht im Mai im Handumdrehen von 1000 m auf 4600 m hochgerissen wurde, und wie gleich darauf der beregnete Ballon hinuntersauste. Mein Mitfahrer saß seekrank und höhenkrank — der Korb pendelte nach beiden Seiten um je 30° — am Korbboden und war allerdings nur vorübergehend unfähig, irgend etwas zu tun. Wenn bei solchen Fällen der Führer unter Höhenkrankheit leidet, so kann er leicht in der Führung Fehler machen.

Bei meinen Nachforschungen habe ich von mehreren Stellen gehört, daß bereits bei 2000 m schwerere Erscheinungen von Höhenkrankheiten eintraten, Erbrechen, Atemnot, bläuliche Verfärbung, in einem anderen Falle trat bereits bei 1000 m Atemnot und Unruhigwerden ein. Ein Mitfahrer hatte eigenartige nervöse Störungen, er wiederholte alles, was gesagt wurde, mehrfach und schrieb auch eine Notiz dreimal hintereinander gleichlautend in sein Notizbuch. Ein mir bekannter Führer sagte seinem Mitfahrer, „wenn ich über 1400 m gehe, bekomme ich Herzbeschwerden" — recht beruhigend für den Mitfahrer. Einen anderen älteren Führer kenne ich, der nie über 2400 m geht, dann immer Ventil zieht „wegen des Herzens".

Ich stehe daher auf dem Standpunkt: Von den Führern muß verlangt werden, daß sie weder eine nachweisbare Herzmuskelschwäche, noch einen, wenn auch noch so gut kompensierten Herzklappenfehler haben, noch eine nennenswerte nervöse Herzstörung (denn, wo nervöse Herzstörungen sind, da finden sich auch andere nervöse Erscheinungen), sie dürfen ferner nicht an einem höherem Grad Arteriosklerose — Blutdruck über 160 mm — leiden, der schon auf der Erde Beschwerden macht.

Am sichersten wäre es, eine Pflichthöhenfahrt auf mindestens 3500 m zu verlangen.

Ich habe bei diesen Herz- und Gefäßkrankheiten noch gar nicht den Einfluß betont, den das Nervensystem, d. h. die im Luftfahrzeug unausbleiblichen nervösen Erregungen ausüben können.

Professor Eichhorst, Zürich, erzählt in einem Vortrag über diesen nervösen Einfluß bei recht gut kompensierten Herzklappenfehlern folgende Beispiele:

Ein junger Mensch in der Züricher Klinik wird von seinen Mitkranken geneckt, er ärgert sich, fällt bewußtlos um und ist nach zehn Minuten tot.

Ein junger Mann mit dem gleichen Leiden spielt Karten, er wird bemogelt, ärgert sich, fällt bewußtlos um — Tod nach einer Viertelstunde.

Ein junges Mädchen im Krankenhaus bekommt Besuch von der Mutter, nach wenigen Minuten fällt sie um und ist tot.

Ich selbst habe einen ähnlichen Fall in der Charité erlebt.

Ich glaube, daß die nervösen Erregungen, denen man oft genug im Luftfahrzeug ausgesetzt ist, z. B. das plötzliche Erkennen einer Gefahr usw., mindestens ebenso stark gefährdet sind, wie der genannter Ärger oder die Freude.

Ich füge noch hinzu, daß diese Erregungen geeignet sind, den Blutdruck zu steigern und die Arteriosklerotiker in Gefahr zu bringen.

Die nächsten Nummern des Eisenbahnerfragebogens beschäftigen sich mit den Bauchorganen.

Ich glaube, daß man die Anforderungen zweckmäßig zusammenfaßt in folgendem: Alle Leiden der Bauchorgane, die wesentliche Beschwerden, Schmerzen oder Unbequemlichkeiten machen, machen untauglich zum Führer, weil sie die Aufmerksamkeit ablenken.

Unterleibsbrüche, die durch ein Bruchband nicht zurückgehalten werden können, müssen als Ausschließungsgrund für die Tauglichkeit gelten, da die notwendige freie Bewegung gehindert wird. Bei denjenigen Brüchen, die durch Bruchband zurückgehalten werden können, möchte ich nicht so weit gehen; ich halte sie nicht für hindernd, ebenso, wie wir ja auch darin kein Hindernis für die Felddienstfähigkeit der Offiziere und Unteroffiziere sehen.

Ehe ich nun zum Nervensystem übergehe, will ich noch kurz auf das Hörorgan eingehen — die Augen wird Herr Dr. Halben behandeln.

Wir wissen, daß es im Gehörorgan ein Apparat für das Gleichgewichtsgefühl gibt, der Statolith. Allerdings haben wir noch eine Reihe von anderen Hilfsmitteln, um uns über die Lage im Raume zu orientieren, und jeder Flieger und schon der Radfahrer weiß, wie ihm da der Muskelsinn und das Druckgefühl zu Hilfe kommt. Am reinsten kommt der Statolith in Wirksamkeit, wenn wir uns nach einem Kopfsprung im Wasser orientieren, wo oben ist, obwohl wir auch da im Sehen nach dem helleren Lichtschein und im Gefühl des mehr oder minder großen Blutandrangs nach dem Kopf Hilfsmittel besitzen. Immerhin muß verlangt werden, daß dieser Gleichgewichtssinn in Ordnung ist. Daher werden wir chronische Erkrankungen des mittleren und inneren Ohres als Ausschließungsgrund betrachten müssen, wenigstens beim Flugzeugführer. Auch hartnäckige Tubenkatarrhe machen beim schnellen Druckwechsel erhebliche Beschwerden, mitunter peinigendes Stechen; doch möchte ich nicht so weit gehen, darin ein Hindernis für die Tauglichkeit des Führers zu sehen, obwohl ich bei meinen Nachforschungen festgestellt habe, daß in einem Falle die Fahrt wegen dieser Beschwerden hat unterbrochen werden müssen. Starke Schwerhörigkeit macht meiner Ansicht nach untauglich.

Ich komme nun zu dem, meiner Ansicht nach wichtigsten Gebiete, dem Nervensystem.

Auf dem XIV. internationalen Kongreß für Hygiene und Demographie hat Dr. Placzek in einem Vortrag über die Gefahren nervenkranker Bahnbediensteter für den Eisenbahnbetrieb in verdienstvoller Weise gerade auf die Notwendigkeit absoluter geistiger und nervöser Gesundheit hingewiesen, er hat die Schwierigkeiten der Feststellung dieses Grades der Gesundheit betont und in rigoroser Weise gefordert, daß alle Anwärter, bei denen aus vorhandenen Warnungssignalen auch nur entfernt an die Möglichkeit eines Ausbruchs einer Nerven- oder Geisteskrankheit gedacht werden kann, von der Anstellung zurückgewiesen werden müssen. Mindestens die gleiche Bedeutung wie für die Eisenbahner hat aber die nervöse und geistige Intaktheit auch für den Luftfahrer.

Es erscheint mir zweckmäßig, diejenigen organischen Nervenkrankheiten, die nur auf die Gebrauchsfähigkeit des Bewegungs- und Gefühlapparates Einfluß haben, zu trennen von denen, die den Verstand und das Gemüt berühren.

Bei der ersten Klasse macht die Untersuchung keine Schwierigkeiten. Wir haben eine ganze Reihe von Hilfsmitteln, wir können die Bewegungsfähigkeit prüfen, untersuchen, ob Lähmungen vorhanden sind, schlaffe oder steife, oder Muskelverkümmrungen, wir prüfen die verschiedenen Qualitäten des Gefühls, wir achten auf die Reflexe, auf Zuckungen, Zittern usw.

Bei der Beurteilung müssen wir von dem Grundsatz ausgehen: Alle Nervenkrankheiten, die den Gebrauch des Körpers hindern, d. h. die Bewegungen in Umfang, Kraft und Sicherheit beeinträchtigen, machen untauglich.

Wir können nicht immer wissen, wie schnell ein Leiden fortschreitet; deshalb ist beispielsweise unter allen Umständen auch ein leichter Grad von Tabes (Rückenmarksschwindsucht) ein Ausschließungsgrund, da die Gefahr des Eintretens von Unsicherheit der Bewegungen und des oberflächlichen und tiefen Gefühls, von Augenstörungen besteht, und schließlich, weil, wo Tabes ist, auch Gehirnerweichung (Paralyse) sich entwickeln kann.

Das große Gebiet der Geisteskrankheiten kann ich in diesem, auf eine halbe Stunde berechneten Vortrage leider nur streifen, obwohl es von der allergrößten Bedeutung ist. Wir haben die Aufgabe, uns nicht nur über den Zustand Klarheit zu verschaffen, den der Bewerber zur Zeit der Prüfung hat, sondern müssen uns nach Möglichkeit auch für die Zukunft schützen.

Alle die Geistesstörungen, die mit Gemütsverstimmungen einhergehen, fallen für uns wohl weg, da solche Individuen sich sicher nicht zu Luftfahrten entschließen werden.

Gefährlicher sind uns die Zustände mit gehobener Stimmung, die hypomanischen, die äußerlich noch kaum auffallen, bei denen aber gerade der Tatendrang besonders gesteigert ist, da bei ihnen die Hemmungen nicht ausreichen. Solche Kranke entschließen sich besonders leicht zu außergewöhnlichen Wagnissen.

Besonders gefährlich ist uns auch die beginnende Paralyse. Wir können uns vor solchen Kranken nur schützen, indem wir die genaueste Vorgeschichte aufnehmen, alle Anzeichen, die Entartungszeichen, die leisesten Andeutungen von Krankheitszeichen beachten, und bei dem geringsten Zweifel die umfangreichsten

Recherchen anstellen, und, wenn wir schließlich doch zu dem Resultat kommen, daß keine Krankheit vorliegt, schon der vorhergegangenen Zweifel wegen, eine Nachuntersuchung nach kurzer Zeit fordern.

Weil die Paralyse so gut wie immer eine Folge der Syphilis ist, und weil sie gerade in dem schleichend sich entwickelnden Anfangsstadium, in dem sie so sehr schwer zu erkennen ist, besonders gefährlich werden kann, hätte die Forderung, die Dr. Placzek für die Anstellung im Eisenbahndienst stellt, jeden Syphilitiker auszuschließen, auch für die Anstellung zum Luftfahrtzeugführer ihre Berechtigung; ich halte sie allerdings für reichlich weitgehend.

Über die Epilepsie habe ich bereits an anderer Stelle gesprochen. Leichte Fälle von Epilepsie sind in der anfallsfreien Zeit nicht zu diagnostizieren. Wir müssen uns daher auf die Vorgeschichte verlassen können und alles tun, um die Richtigkeit und Ausgiebigkeit der Vorgeschichte zu sichern, wozu ich die Unterschrift des Bewerbers vorgeschlagen habe.

Alkoholismus, deren schwere Formen wir diagnostizieren können, macht unbedingt untauglich zum Führer. Wir werden den Führern den Alkohol nicht verbieten können, weil es unzweckmäßig ist, Forderungen zu stellen, die doch nicht erfüllt werden, aber wir haben ja in der Zeit, bis ein Aspirant zum Führerexamen heran ist, die Gelegenheit, ihn kennen zu lernen, und wir müssen uns verpflichtet halten, wenn wir jemand als Alkoholisten erkannt haben, im Interesse der Allgemeinheit seine Ernennung zum Führer zu verhindern.

Es bleibt nun noch die große Masse derjenigen nervösen Störungen übrig, die der Laie als „nervös" bezeichnet, nämlich die Störungen, die der Neuropath, der Neurastheniker, Hysteriker und der einfach Nervöse (wenn man eine solche Form gelten lassen will) bietet.

So leicht es für den Arzt ist, einen Kranken, der seine Hilfe sucht, als Neuropathen oder Neurastheniker zu erkennen, weil er ihm ja in einer endlosen Flut seine vielen Beschwerden schildert, so schwer ist es für den Vertrauensarzt, eine solche Krankheit festzustellen, wenn der Bewerber, in dem verständlichen Wunsche, nicht zurückgewiesen zu werden, nicht eine einzige Beschwerde vorbringt. Aus dem Untersuchungsbefund selbst ist nur wenig zu ersehen. Das Wesentliche ist die Funktionsprüfung des Nervensystems, und diese muß bei den Schülerfahrten im Luftfahrzeug von dem Führer selbst vorgenommen werden; am zweckmäßigsten wäre es, wenn der Arzt ihn selbst bei einer Fahrt sähe, was beim Flugzeug natürlich auf Schwierigkeiten stößt.

Zu dieser Prüfung müssen die Führer aber wissen, worauf sie zu achten haben, und müssen dann über alles an dem Verhalten des Führers Auffällige berichten, der Arzt kann dann entscheiden, ob die nervösen Anzeichen Bedeutung haben oder nicht.

Ich habe auf Grund meiner Erfahrungen in der Verbandszeitschrift eine Anfrage nach den einzelnen Beschwerden erlassen und alle diejenigen Punkte bestätigt gefunden, die ich auch bemerkt hatte.

Um den Führern Leitlinien für ihre Beobachtungen zu geben, schildere ich im folgenden die am häufigsten beobachteten Erscheinungen.

Befürchtungen vor der Fahrt.

Es kommt häufig vor, daß sich Mitfahrer zu Fahrten melden, dann aber, wenn sie aufgefordert werden, immer verhindert sind; entweder sie können dienstlich oder geschäftlich nicht abkommen, oder sie haben gerade kein Geld oder sie wünschen im Winter bei der Kälte lieber im Sommer zu fahren und im Sommer bei der Gewitterneigung lieber mal an einem schönen Wintertag oder sie haben irgend eine andere Ausrede. Das sieht nun aus wie Befürchtungen, braucht es aber nicht zu sein. Der Grund liegt darin, daß der Entschluß, sich zur Fahrt zu melden, seinerzeit nicht ruhig erwogen war. Diese Leute haben meist, angeregt durch die Erzählungen eines Luftfahrers, in einer durch Alkohol gesteigerten Entschlußfähigkeit bei irgendeiner festlichen Gelegenheit diesen Entschluß gefaßt, den sie sonst, im nüchternen Zustand aus mancherlei Erwägungen nicht gefaßt hätten.

Ich halte es auch nicht für auffällig, daß Neulinge vor der Fahrt eine gewisse Unruhe zeigen und alles mögliche fragen: „Ob ich wohl seekrank werde? Ich bin übrigens nicht schwindelfrei, den Klimmzug kann ich auch nicht mehr, meinen Sie, daß es Gewitter gibt? Haben Sie schon mal eine schwere Landung gehabt? — — —" Das ist dann gewöhnlich die Einleitung zu einem kleinen Examen für den Führer über seine Kenntnisse, was er machen würde, wenn mit einem Mal der Ballon platzte, ob er nicht mal die Leinen verwechseln könnte, woran er das Herrannahen des Gewitters merke usw. usw.

Ich halte dies für ganz berechtigte Fragen eines Neulings, die nicht der Angst entspringen, sondern eine kritische Prüfung sind, ehe er etwas ihm Unbekanntes unternimmt.

Für bedenklicher halte ich es, daß einer noch am Korbe seinen Entschluß wieder aufgibt, oder sogar, wie mir berichtet wurde, aus dem Korbe wieder aussteigt oder, wie es in Potsdam bei der Hansa vorgekommen ist, im letzten Augenblick seine Karte für 20 Mark verkauft. Für unbedingt krankhaft halte ich es, wenn sich diese starke Unruhe bei einem zweiten Versuch wiederholt.

Auch der Führer hat, wie mir fast alle versichern, seine Erwartungsunruhe, gewissermaßen sein Lampenfieber. Viele sind schon tagelang unruhig, oft in ganz unbestimmter Form, der Appetit ist schlechter, der Schlaf durch Träume gefährlichen Inhalts gestört. Ein bayrischer Offizier bekam jedesmal, wenn er zum Aufstieg kommandiert wurde, vorher Durchfall, ein anderer Herr, den ich lange kenne, leidet vor jeder Fahrt an dauerndem Harndrang. Einen Herrn sah ich in der Luftschifferanstalt im Unterricht plötzlich aufstehen, ans Fenster gehen, hinaussehen, wieder hinsetzen, wieder aufstehen, wieder hinaussehen, er schrieb nicht mehr mit und ging schließlich aus dem Zimmer heraus; nachher erfuhr ich, daß er für den nächsten Tag zum Ballonfahren kommandiert war. Auch ich selbst habe vor jeder Fahrt eine gewisse Unruhe, sobald ich aber erst im Zuge nach Bitterfeld sitze, ist alles mit einem Schlage weg. So gehts den meisten Führern, sie haben ihre Sicherheit und Ruhe wieder, sobald sie auf dem Aufstiegplatz sind. Nur beim Aufstieg selbst sieht man viele Führer etwas blaß werden; dies sind Menschen mit leicht erregbarem Blutgefäßsystem, wir beobachten diese Erscheinungen auch bei vielen Rednern bei Beginn ihrer Rede.

Ein sehr gewiegter Führer, der mich auf einer Höhenfahrt begleitete — es war seine erste Höhenfahrt —, hatte auf der Erde bereits 100 Pulsschläge in der Minute, und Dr. Elias hat vor seinem Flug mit Friedrich nach Paris festgestellt, daß sowohl der Menager wie der Mechaniker und alle übrigen, die um den Appara- herumstanden, erhöhte Pulszahlen hatten, rein aus Erwartungsunruhe.

Ich betone, daß diese geringen nervösen Erscheinungen keine Bedeutung haben, es ist aber wichtig, daß die Führer bei ihren Schülern darauf achten, damit der Arzt, der den Aspiranten nicht bei der Fahrt gesehen hat, sich ein möglichst klares Bild machen kann.

Beschwerden beim Aufstieg.

Beim Aufstieg selbst hat der Führer außer dem Druck in den Ohren keine störenden Erscheinungen mehr. Die Neulinge aber können sich oft gar nicht entschließen, über den Korbrand zu sehen. Viele setzen sich sofort hin, einige machen die Augen zu. Mehrmals klagten Neulinge anfangs über Schwindel. Das ist aber nur möglich bei den ersten 50 m, wo noch ein Vergleichen der Größen der untenstehenden Häuser und Bäume möglich ist.

Kurz nach dem Aufstieg wurde mehrfach bei Mitfahrern Seekrankheit beobachtet. Das ist aber im allgemeinen nur möglich, beim Aufstieg bei windigem Wetter, wenn der Ballon beim Loslassen nicht senkrecht über dem Korb gestanden hat, oder wenn der Korb irgendwo angestoßen ist und dann auspendelt. Nur einmal sah ich bei einem Herrn, der schon dauernd von Seekrankheit gesprochen hatte, starke Übelkeit und Erbrechen bei ruhigstem Wetter eintreten. Ich halte das für eine Erwartungsneurose. Diesen Fahrer würde ich für unbrauchbar erklären. Ich erinnere hier, um den großen psychischen Einfluß auf die Auflösung der Seekrankheit zu erklären, an die oft beobachtete Tatsache, das auch bei relativ ruhigem Wetter, auf einem Schiff, sobald erst ein Passagier seekrank geworden ist, sofort eine ganze Reihe anderer mit erkranken. Ich erinnere auch an das Hexenschaukelbeispiel: In der sogenannten Hexenschaukel sitzt bekanntlich der Mensch, der die Illusion des Schaukelns haben soll, still, während sich die Wände hin- und herbewegen oder drehen. Eine Versuchsperson erkrankte beim Anblick der drehenden Wände sofort an Seekrankheit; beim nächsten Versuche wurden ihm die Augen verbunden, er blieb naturgemäß gesund. Als später die Walze, um die sich die Wände drehten, in rhythmischer Weise zu quietschen anfing, hatte die Versuchsperson die Illusion, daß sich die Wände wieder drehten und erkrankte prompt wieder an Seekrankheit.

Eine so leichte Beeinflußbarkeit, daß ohne wirkliches Schwanken, rein durch die Vorstellung, Seekrankheit entsteht, halte ich für eine nervöse Erscheinung, die die Brauchbarkeit zum Führer ausschließt, wenn sie sich nach der ersten Fahrt wiederholt.

Befürchtungen während der Fahrt.

Ich halte es nicht für krankhaft, wenn Neulinge das Gefühl haben (fast alle haben es), der Korbboden müsse durchbrechen oder die Korbleinen abreißen, oder beim Luftschiff die Propeller abfliegen. Denn sie können ja nicht wissen,

wie fest das alles ist. Ich halte es aber für bemerkenswert, wenn sie sich trotz Belehrung nicht beruhigen lassen. Solche Mitfahrer fahren meist nicht zum zweiten Mal.

Ein Neuling schrie unmittelbar nach dem Aufstieg: „Halten Sie doch fest, der Korb bricht durch, ich merks, der Korb bricht durch."

Im Korbe beunruhigen sich viele, wenn der Korb beim Umhergehen etwas schwankt. Die meisten Neulinge halten sich die erste halbe Stunde immer an den Korbleinen fest und, wenn man sie probeweise mal auf die andere Seite ruft, gehen sie von einer Leine zur andern. Fast allen ist es unheimlich, wenn der Korb etwas schief hängt und wenn man das Schlepptau abrollen läßt.

Bei größeren Höhen als 1000 m ist es vielen unangenehm, senkrecht hinunterzusehen, auch macht sie die Nachbarschaft der großen Wolken unruhig.

Über einer schweren Angstzustand bei einer Dame im Fesselballon berichtete mir ein Beobachter. Sie sah überhaupt nicht aus dem Korb, sondern telephonierte dauernd nach unten zu ihrer Schwester, dann wurde sie immer unruhiger, „der Korb sei viel zu eng", schließlich wollte sie sofort landen, weil — — — „ihr Hut sonst leide". Es ist bemerkenswert, wie hier die Angst eine Ausrede sucht, die echt weiblich ist. Ein Offizier, der das Fahren nachher aufgegeben hat, fing im Fesselballon immer laut an zu singen, und gestand schließlich, daß er es aus Angst tue, sowie es die kleinen Kinder tun, wenn sie durch eine dunkle Stube müssen. Ein Mitfahrer bekam jedesmal Angst, wenn der Führer an das Barometer klopfte oder nach den Leinen sah, weil er in seiner Unruhe fürchtete, der Führer könnte etwas ungünstiges entdecken.

Auch Zwangsvorstellungen sind häufig im Korbe beobachtet worden. Ein Herr (Psychopath) ließ sich festhalten, weil er fürchtete, er würde alles Gepäck über den Korbrand werfen. Ein anderer Herr bekam einen schweren Angstzustand, weil er fürchtete, er könne dem Drange nicht widerstehen, die Korbleinen durchzuschneiden.

Leichte Zwangsvorstellungen, namentlich im Sinne des Wennzwanges, hat wohl jeder einmal gehabt, z. B. „wenn ich jetzt hinausspränge", „wenn ich jetzt auf die Wolkendecke spränge und dort spazieren ginge", oder „wenn jetzt einer herausfiele" usw.

Gerade bei diesen Wennvorstellungen ist scharf zu unterscheiden, ob es nicht ganz berechtigte Überlegungen sind, die bloß von leichten Befürchtungen begleitet werden. Z. B. morgens, wenn das Ballonnetz knallt, „wenn jetzt das Netz risse und die Hülle nach oben wegflöge".

Krankhaft ist natürlich die Zwangsvorstellung erst, wenn dadurch eine quälende Beunruhigung entsteht.

Befürchtungen vor der Landung.

Wenn es zur Landung geht, sind die Angstzustände bei den Mitfahrern wieder häufiger. Ein Beobachter schreibt mir folgendes: Ein Herr schrie, als der Ballon mit 3,5 m i. d. S. fiel, immer wieder: „Wir stürzen ab, wir stürzen ab! „Er ließ sich auch nicht beruhigen, daß dieses die gewöhnliche Fallgeschwindigkeit sei, legte sich auf den Korbboden, bedeckte seinen Kopf mit leeren Sandsäcken und sah seinem

Tode entgegen. Vor der Landung mußte er hochgerissen werden, er war völlig willenlos und ließ sich anbinden. Nach der Landung war er noch zwei Stunden wortlos.

Dieser Mann ist natürlich untauglich.

Ein anderer, der bereits die Führerfahrt machen sollte und nun furchtbar aufgeregt war, wollte gerade ausklinken, als der Führer sagte: „Sehen Sie nicht, daß dies ein zugedeckter Tümpel ist?" Da verlor er ganz den Kopf: „Ach Gott, Wasser, was mach ich bloß, Wasser!!" und warf gleich zwei Säcke hinaus. Er ist aus eigenem Entschluß nicht Führer geworden. Die meisten Neulinge werden beim Abstieg unruhig, wenn sie die Erde schnell entgegenkommen sehen. „Wollen Sie nicht lieber Ballast geben? Sie müssen doch was geben!! Herrgott, das wird ja furchtbar!" Schließlich geben sie selbst, trotz Warnung, Ballast oder mindestens mehr als befohlen. Ein Mitfahrer warf mal vier Säcke hinaus und behauptete dann noch, daß er den anderen das Leben gerettet habe. Einem Mitfahrer fielen bei der Landung „aus Versehen" zwei Säcke hinaus, das nächste Mal hatte er sich „verhört" und gab zwei Säcke statt des befohlenen halben Sackes.

Solche Angstzustände machen, wenn sie sich wiederholen, untauglich.

Um das Verhalten in kritischen Augenblicken zu prüfen, ist es notwendig, den Führeraspiranten die Landung möglichst allein durchführen zu lassen und ihn dabei ebenso zu beobachten wie bei seinem Start zur Alleinfahrt. Das ist eine bessere Prüfung der Funktion des Nervensystems als die ärztliche. Die einzige Möglichkeit, wie der Arzt sich ein Urteil bilden kann über den Nervenzustand des Bewerbers, ist folgende: Die Führer berichten an der Hand eines Fragebogens über alles, was ihnen an dem Verhalten des Mitfahrers aufgefallen ist (natürlich diskret). Diese Berichte gelangen an den Vorstand des Fahrtenausschusses und werden dem Arzt, der die Untersuchung vorzunehmen hat, zugesandt. Tritt ein Aspirant während seiner Ausbildung in einen anderen Verein über, so hat der neue Verein, wenn sich sein Mitglied um das Führerzeugnis bewirbt, die Berichte von den früheren Vereinen anzufordern und dem Arzt zuzustellen.

Nur so haben wir die Sicherheit, daß uns nicht gerade das Wichtigste entgeht.

Ich weiß, daß viele meine Vorschläge für zu weitgehend halten werden, weil sie fürchten, daß sich dadurch die Zahl der Mitglieder und Ballonfahrer verringern wird. Ich meine aber, wer sich dadurch abschrecken läßt, hat nicht die rechte Passion, und nur die glühendste Passion gibt den Nerven Sicherheit.

Ich gehe mit meinen Forderungen noch weiter. Wir dürfen uns nicht damit begnügen, daß die Aspiranten zur Zeit der Führerprüfung gesund sind, sondern wir müssen Sicherheit haben, daß sie es auch bleiben. Wenn daher bei einem Führer irgendwelche verdächtigen Anzeichen bemerkt werden (was ja bei dem engen Zusammenhalten der Führer nicht schwer fallen wird), muß der Vorstand das Recht haben, eine erneute ärztliche Untersuchung zu fordern. In Fällen, in denen der Vertrauensarzt bereits bei der ersten Untersuchung Bedenken für die Zukunft hat, muß er bereits auf dem ersten Zeugnis vermerken, wann er eine Nachuntersuchung für ratsam hält.

Ich schließe hiermit meinen Vortrag in dem Wunsche, daß meine Ausführungen auf diesem wichtigen Gebiete des Luftfahrwesens Nutzen bringen mögen.

Diskussion.

Stabsarzt Dr. **Flemming**-Berlin.

Im allgemeinen erscheinen mir die von Herrn Stabsarzt Koschel gestellten Anforderungen an die Tauglichkeit der Luftfahrzeugführer zu hart. Um die Tauglichkeit der Flieger insbesondere festzustellen, sind praktische Erfahrungen und experimentelle Untersuchungen im fahrenden Motorwagen notwendig, wie an Beispielen erläutert wird, bei denen die Leistungen bei der Untersuchung in der Sprechstunde und im Motorwagen nicht im Einklang standen.

Privatdozent Dr. **Halben**-Berlin.

Die interessanten Ausführungen von Herrn Flemming kann ich nur bestätigen. Sie werden den gleichen Standpunkt in meinem zum Druck gelangenden Manuskript, aus dem ich im mündlichen Vortrag der sehr knappen verfügbaren Zeit wegen reichlich die Hälfte fortlassen mußte, vertreten finden.

Die Augen der Luftfahrer.

Von

Dr. Halben-Berlin.

Die Sicherheit der Luftfahrt steigt mit der Zuverlässigkeit der Trag-, Trieb- und Steuerorgane sowie der Sinnesorgane und ihrer Unterstützungsmittel, der Instrumente, Karten und Kenntnisse.

Unter den Sinnesorganen steht, unbeschadet der hohen Bedeutung des Gleichgewichtssinnes und des Gehörs und in beschränktem Grade des Geruchs, das Auge in Wichtigkeit für die Sicherheit des Fluges obenan. Seine Aufgabe ist — abgesehen von den erst in zweiter Linie interessierenden Leistungen des „Beobachters" — das Ziel einschließlich aller Zwischenziele zu finden und festzuhalten, die Orientierung im überflogenen Gebiet zu wahren und auch nach Verlust wiederzufinden, Landungsterrain zu erspähen und zu beurteilen, Hindernisse rechtzeitig und richtig wahrzunehmen, dazu die meteorologischen Erscheinungen zu beachten, Karten zu lesen und Instrumente und den ganzen motorischen Apparat zu überwachen.

Für diese Aufgabe ist Zuverlässigkeit des Auges viel wichtiger als Höchstleistung. Genauere Prüfung wird zeigen, daß die allgemein verbreitete Anschauung, der Luftfahrer bedürfe besonders „scharfer" Augen, nicht berechtigt ist. Für viele andere Betätigungen, auch solche sportlicher Art, ist höhere Sehschärfe erforderlich. Dagegen macht in der Luftschiffahrt jede Augenstörung, die Falschmeldungen (Augenmuskellähmung z. B.) oder Ausfall erforderlicher Meldungen (z. B. Gesichtsfelddefekt, Flimmerskotom) herbeiführt, untauglich!

Normalerweise decken sich die von verschiedenen Sinnesorganen gelieferten Ergebnisse untereinander und mit der Wirklichkeit, z. B. lokalisieren wir einen Vorgang durch Gesicht, Gehör, Gefühl in gleicher und in richtiger Richtung. Besteht aber beispielsweise eine Augenmuskellähmung, so lokalisiert das gelähmte Auge seine Eindrücke in falscher Richtung und in anderer als das richtig projizierende Auge und die anderen gesunden Sinne. Jede solche Falschprojektion kann dem Luftfahrer an sich verhängnisvoll werden. Die Durchbrechung der Harmonie der verschiedenen Sinne, auf die wir unser Leben lang so fest wie auf den Boden unter den Füßen zu vertrauen gewohnt waren, bewirkt dazu ein Unbehagen, das sich bis zu Schwindel und allen Erscheinungen der Seekrankheit steigern kann. Auch die Seekrankheit beruht ja größtenteils auf diesem Wettstreit zwischen optischem und statischem Sinn. Die Luftfahrt — und nicht nur der schwankende Fesselballon — kann normalsinnige Personen in ähnliche unbehagliche Lagen bringen, z. B. in wogendem Wolkenmeer. Wallen die Wolken in wechselnder Geschwindigkeit senkrecht oder gar windschief neben dem gleich-

falls, aber langsamer aufsteigenden Luftfahrer empor, so liefert das normale, an festen Boden unter den Füßen gewohnte Auge den Eindruck des Sinkens oder gar Kippens. Die horizontale Eigengeschwindigkeit des Motorfahrers kann diese Täuschung noch komplizieren. Es ist gar nicht leicht, sofort durch Überlegung die stark zwingende Kraft solcher optischen Falschmeldungen auszuschalten und wie erforderlich, sich nur auf die Richtigmeldungen des Lagegefühls und der Instrumente sowie Beobachtung der Wasserwage und der Tourenzahl, die je nach dem Winkel zum Horizont sich ändert, zu verlassen. Des durch den Kampf zwischen Gesichts- und Gleichgewichtssinn dabei ausgelösten Unbehagens wird man ebenso wie der Seefahrer erst durch Gewöhnung Herr.

Beiläufig darf ich dabei erwähnen, wie ein anderes unbehagliches Gefühl, der Höhenschwindel, eben wegen des Fehlens optischer Eindrücke von zwingender Kraft, im Luftfahrzeug ausbleibt. Es liegt das nicht, wie hier und da zu lesen ist, an der Neu- und Großartigkeit der Eindrücke und der dauernden Anspannung der Aufmerksamkeit, sondern lediglich am Fehlen der sinnlich wahrnehmbaren Verbindung zwischen uns und der Erde. Das nur verstandesmäßige Wissen von Schwerkraft und Fallmöglichkeit ohne gleichzeitige sinnliche Stütze übt keine kräftige Wirkung direkt auf das Gefühl. Erst das Gleiten des Blicks längs irgendeiner Verbindung in die ungewohnte Tiefe löst das Unbehagen des Schwindels aus. Diese Anschauung findet in der Luftfahrt auch ihre positive Bestätigung. Unter besonderen optischen Bedingungen kommt nämlich auch da Höhenschwindel vor. So wurde Latham von Schwindel gepackt, als er sehr nahe am Eiffelturm vorbeiflog. Ein Fliegeroffizier berichtete mir von wiederholtem Schwindel, wenn sein abwärts gerichteter Blick ein unter ihm befindliches Flugzeug oder Luftschiff auf halbem Wege zur Erde passieren mußte.

Auf die Bedeutung der vom Auge und den andern Sinnen ausgelösten Reflexbewegungen hat schon Zuntz[1]) hingewiesen. Diese auf Erdzweckmäßigkeit eingerichteten Bewegungen — besonders die Schreck-, Ausweich- und Lageregulationsbewegungen — dürfen auch in der Luft nur nützlich, zum mindesten nicht schädlich wirken. In den meisten Flugzeugtypen sind die Steuer- und Gleichgewichtsorgane in Berücksichtigung dieser Forderung konstruiert, und die Heeresverwaltung schafft nur solche Typen an.

Prüfen wir nun im einzelnen die notwendige Leistung des Luftfahrerauges, so begegnen wir zunächst einer ganz erheblichen Überschätzung der Bedeutung der Sehschärfe. Durch Umfrage und Untersuchung habe ich festgestellt, daß sicheres Fliegen und Landen noch mit einer Sehleistung von $^1/_7$—$^1/_{10}$ der Norm möglich ist. Das entsprach meiner Erwartung, denn für das Erkennen von Hindernissen in der Luft ist selbst erhebliches Verschwommensehen noch belanglos, und selbst für die Orientierung nach Waldgrenzen, Flußläufen, Straßen, Form und Gruppierung von Seen macht es noch wenig aus, ob wir die Konturen verschwommen sehen. Wie Sie sich leicht durch Aufprobieren der herumgereichten Brille, die den Normalsichtigen um 4 Dioptrien kurzsichtig macht und seine Sehleistung für

[1]) N. Zuntz, Zur Physiologie und Hygiene der Luftfahrt. Luftfahrt und Wissenschaft, Heft 3, herausgegeben von Josef Sticker. Verlag von Julius Springer, Berlin 1912.

die Ferne bei guter Beleuchtung auf etwa $^1/_{10}$ herabsetzt, überzeugen können, bleibt das Charakteristische der Formen und Grenzen, die zur Identifizierung der Landschaft dienen können, gut erhalten. Ja, ich reiche Ihnen eine doppelt so starke Brille herum (+ 8 D), die die Sehleistung der Normalsichtigen für die Ferne auf etwa $^1/_{40}$ herabsetzt. Sie werden finden, daß man selbst damit alle Hindernisse in der Luft und alle gröberen Hindernisse bei der Landung noch erkennen kann. Sie müssen sich dabei gegenwärtig halten, daß der Inhaber einer so schlechten Sehleistung auf Grund lebenslänglicher Gewöhnung mit ihr natürlich viel mehr anzufangen weiß als der durch das ungewohnte Undeutlichsehen viel mehr befremdete künstlich kurzsichtig gemachte Normalsichtige. Macht man sich klar, daß schon leichter Nebel, Schneefall und bei Brillenträgern auch Regen auch die beste Sehschärfe stark herabsetzt, und daß in der Dämmerung und bei Nacht die zentrale Sehschärfe, eben die Stelle der Netzhaut, deren Sehschärfe bei der gewöhnlichen Untersuchung allein bestimmt wird, überhaupt völlig ausfällt, so nimmt das ja nicht wunder.

Ich will mich nicht auf bestimmte Grenzwerte festlegen, aber jedenfalls ist die bisher für Flieger geltende Forderung von $^2/_3$ Sehschärfe auf dem besseren, $^1/_3$ auf dem schlechteren korrigierten Auge zu streng. Sie ist eher berechtigt für die Kraftwagenführer, von denen sie übernommen ist. Denn diesen kann ein Fehler in der Beurteilung einer Straßenunebenheit (Stein oder Papier, Schotter- oder glatte Straße) viel eher verhängnisvoll werden. Wichtiger erscheint mir die Festlegung einer niedrig anzusetzenden Mindestsehleistung des unbewaffneten schlechteren Auges. Denn die Sicherheit des Fahrzeuges darf nicht aufgehoben werden bei Verlust der Korrektionsbrille und vorübergehender Ausschaltung des besseren Auges.

Unter den verschiedenen Luftfahrern bedarf wohl der Freiballonführer am meisten relativ hoher Sehschärfe. Denn er hat es nicht wie der Motorfahrer in der Hand, einem charakteristischen Landschaftsmerkmal eine Strecke weit zu folgen oder ein im schnellen Überfliegen kaum geahntes Erkennungszeichen durch Umkreisen zu kontrollieren. Er kann auch nicht mit so geringer Beeinträchtigung von Fahrtrichtung und -dauer zwecks Erspähung von Orientierungsmerkmalen die durch andere Aufgaben vorgeschriebene Fahrthöhe vorübergehend verringern. Auch die Einzelheiten des Landungsgebietes muß er schon aus größerer Höhe richtig erkennen, da ihm ein seitliches Ausweichen im letzten Augenblick gar nicht, ein Ausweichen nach oben oft nicht mehr rechtzeitig möglich ist (am Schleppseil).

Viel wichtiger als die bisher fast allein beachtete Sehschärfe ist ein normales oder zum mindesten bei grober Prüfung nicht erheblich eingeengtes Gesichtsfeld, und zwar gleichfalls für jedes Auge einzeln gemessen. Die zentrale Sehschärfe ist die Leistung eines winzig kleinen zentralen Netzhautbezirks, der, wie erwähnt im Dunkelsehen völlig ausfällt; das Gesichtsfeld wird durch die ganze übrige, reichlich 1000mal größere Netzhautfläche repräsentiert. Es umfaßt den größten Teil des ganzen vor der eigenen Front gelegenen Raumes. Jeder erhebliche Ausfall kann zu den verhängnisvollsten Kollisionen führen.

Daneben ist am wichtigsten normale Adaptation und normales Nachtsehen. Die Anpassungsfähigkeit des Auges an verschiedene Helligkeiten beruht auf dem Vorhandensein zweier verschiedener Empfangsapparate in der Netzhaut, der

farbentüchtigen und scharfsichtigen Zapfen für den Tagesgebrauch, das Hellsehen, und der viel lichtempfindlicheren, aber farbenblinden und unscharfsichtigen Stäbchen für die Nacht, das Dunkelsehen, sowie auf Vorrichtungen, die dem richtigen Ineinandergreifen dieser beiden Apparate beim Wechsel von Tag und Nacht bzw. der Ausschaltung des einen und der Empfindlichkeitssteigerung des andern dienen. Maximale Dunkeladaptation steigert die Empfindlichkeit des Auges für schwaches Licht um das 4—5000fache. Die ärztliche Prüfung, insonderheit die Sehschärfenbestimmung, befaßt sich in der Regel nur mit dem Hellapparat. Abnormitäten und Erkrankungen des Dunkelapparates und der Adaptation, überhaupt alle Störungen, die man summarisch unter dem Namen „Nachtblindheit“ zusammenfaßt, sind zwar zum Glück recht selten, können aber dann dem Luftfahrer natürlich verhängnisvoll werden und müssen darum unbedingten Ausschluß von der Führung eines Luftfahrzeugs veranlassen. Sie kommen angeboren und erworben vor, bei bestimmten Netzhauterkrankungen, besonders einer, die Sprößlinge aus Verwandtenehen bevorzugt, bei Leberkrankheiten, bei Skorbut, bei einer bestimmten Bindehauterkrankung, bei gewissen Starformen) und schließlich — und das ist für die Luftfahrt praktisch am wichtigsten — bei Schneeblindheit. Dieser ist ja auch der Luftfahrer bei Hochfahrten über den Wolken, bei sonnigen Winter- und Wasserfahrten ausgesetzt, wenn er sich nicht durch geeignete Schutzbrillen sichert. Die verbreitete Bevorzugung gefärbter Schutzgläser scheint mir für die Luftfahrer nicht ganz unbedenklich, wegen der Beeinträchtigung aller auf Färbungsbewertung beruhenden Urteile; besonders kommt das für die meteorologische Beobachtung in Betracht. Es scheint mir nicht ausgeschlossen, daß einmal drohende Gewitterwolken durch solche Brillen harmlos erscheinen können. Empfehlenswerter als Lichtschutz erscheinen Gläser, die bei möglichst vollkommener Absorption des ultravioletten Lichts alle sichtbaren Spektralanteile gleichmäßig dämpfen, also das graue Schottsche Neutralglas und die Zeißschen Umbralgläser. Überall in der Natur, wo Schädigungen durch Ultraviolettlicht zu befürchten sind, herrscht ja auch eine Überfülle an sichtbarem Licht. Dringend zu warnen ist vor dem viel empfohlenen, aber ganz unzuverlässigen Schutz durch Einträufelung farbiger Aesculinpräparate, dem Zeozonwasser, das alles ultraviolette Licht absorbieren soll; die kapillare Schicht, die das Auge überziehen kann, ist viel zu dünn, um nennenswert zu schützen, und wird zudem durch den Tränenstrom sehr schnell weggeschwemmt.

Gleichgültig ist einstweilen, solange nicht farbige Signale eingeführt sind, Farbenblindheit für den Luftfahrer. Wegen der Einschränkung der Auslese — es finden sich immerhin 3—4% Farbenblinde unter der männlichen Bevölkerung — und wegen der Schwierigkeit sicherer und gerechter Prüfung, die den Eisenbahn- und Schiffahrtsbehörden viel Arbeit macht, sollte die Einführung solcher Signale auch möglichst vermieden werden.

Als ungeeignet abzulehnen sind auch Einäugige (nicht wegen des Fehlens des zweiäugigen Körperlichsehens), weil ihnen bei Verlust oder vorübergehender Ausschaltung des einzigen Auges, wie sie durch Fremdkörper, Tränen, plötzliches Verschmutzen der Schutzbrille entstehen kann, das Reserveauge fehlt.

Von großer Wichtigkeit ist richtiges Funktionieren der Bewegungs- und Schutzapparate des Auges. Jede Augenmuskellähmung, die falsche Orientierung im Raum

veranlaßt, ist unbedingter Ablehnungsgrund. Jede erhebliche Lidlähmung, die sicheren Schluß oder genügendes Öffnen der Augen hindert, ebenfalls. Gröbere Erkrankungen des Tränenapparates und der Bindehaut machen bis zu ihrer Heilung untauglich. Der Motorfahrer braucht im allgemeinen zu den natürlichen Schutzorganen des Auges noch eine Verstärkung durch künstliche, zum Schutz gegen Kälte, Wind, Austrocknung (Regen, Schnee), Öl-, Wasser- und Benzinspritzer. Die meisten Flieger tragen darum Schutzbrillen. Die Angaben über Nutzen und Notwendigkeit der Schutzbrillen widersprechen sich allerdings sehr, ganz besonders bei den Herren, die außerdem der Korrektion optischer Fehler bedürfen. Viele halten das Fliegen ohne Schutzbrille für unmöglich oder gefährlich, einige fliegen mit Korrektionsbrille unter der Schutzbrille und halten den Gebrauch der bloßen Korrektionsbrille wegen der an den Rändern auftretenden Luftwirbel für unerträglich und schlimmer als Fliegen mit bloßen Augen; andere benutzen große Korrektionsgläser in gewöhnlicher Hornbrille; nur sehr wenige tragen ihre Korrektionsgläser direkt in der Schutzbrillenfassung; einzelne fliegen regelmäßig — auch in schnellen Maschinen mit vorderem Motor und auch in Regen und Schnee — ganz ohne künstlichen Augenschutz. Es bestätigt das die alte Erfahrung von der hohen Anpassungsfähigkeit alles Lebenden und stellt zweifellos das — allerdings schwerlich allgemein erreichbare — Ideal dar. Denn so störungsfrei und vollkommen wie der gut abgehärtete natürliche Schutzapparat, dessen Lidschlag und Tränenstrom die Oberfläche des Sehapparates dauernd sauber hält, arbeitet sicherlich kein künstliches Mittel. Die Möglichkeit des Beschlagens, Bereifens, Verschmutzens und die Gefahr des Gläserbruchs und der Einbohrung von Glas und Fassungsbruchstücken ins Auge und in den Schädel fällt ganz fort. Über Störung durch Verschmutzen der Gläser wird viel, über direkte Gefährdung so gut wie gar nicht geklagt. Schlimmstenfalls setzen eben alle die Brille zum mindesten vorübergehend ab, und Augen, die sich nicht einmal zu kurz dauernder Wetterfestigkeit abhärten lassen, sind als minder tauglich zum Fliegen anzusehen. In der letzten Flugwoche stürzte ein Flieger durch Blindwerden seiner Zelluloidbrille; er ist überzeugt, daß bei der glatter abwischbaren Glasbrille der Sturz nicht erfolgt wäre. Garros war auf einem Hochflug bei großer Kälte durch dichtes Bereifen der Schutzbrille, gegen das kein Wischen half, außerordentlich gestört, ja gefährdet[1]). Bruch der Brillengläser bei Freiballonlandungen und Flugzeugstürzen ist häufig, Verletzungen der Lidhaut und Bindehaut scheinen öfters, ernstere Augenverletzungen äußerst selten vorgekommen zu sein. Ein französischer Flieger soll durch Schutzbrillenscherben ein Auge verloren haben. Flieger, die mehrfach nach solchem Bruch Glassplitter zwischen Lidern und Auge herauszuziehen hatten, erzählten mir, es käme „nie" eine ernstere Verletzung dabei vor. Ich möchte doch nicht raten, auf diese Unmöglichkeit zu fest zu bauen. Gegen den Ersatz der Gläser durch Zelluloid oder Gelatine spricht das leichtere Verschrammen und Verschmieren. Vielleicht könnte da Mitführen eines größeren Satzes — ja sehr billiger — Ersatzscheiben, die ähnlich wie in einer Probierbrille leicht auszuwechseln sein müßten, helfen. Eine luftdicht abschließende Schutzbrille muß

---

[1]) Hygiene der Aeronautik und Aviatik. Hermann von Schroetter. Wien und Leipzig (Wilhelm Braumüller) 1912.

stets von innen beschlagen, da die Gläser von außen gekühlt werden, während in dem warmen Innenraum die Luft wie in einer feuchten Kammer von den Tränen mit Wasserdampf übersättigt werden muß. Bei ventilierten Schutzbrillen ist die Luftzirkulation im Fluge so lebhaft, daß selbst bei tränenden Augen kein Beschlagen vorkommen kann. Daß Schlitzbrillen sich einbürgern, glaube ich nicht; sie engen das Gesichtsfeld ein, und der scharfe Zug durch den schmalen Schlitz ist wohl unangenehmer als der volle Frontwind. Schutzbrillen sollten das Gesichts- und Blickfeld nicht einengen, leicht mit einer Hand hinaufzuschieben und abzunehmen und an der Vorderfläche glatt abzuwischen sein. Vorteilhaft scheint mir darum eine ohne Nasenunterbrechung von links nach rechts hinüberreichende glatte Scheibe, deren Niveau am Rande von der Fassung nicht überragt wird. Glimmer ist ungeeignet, weil er leicht knickt und aufblättert.

Vielleicht wird sich auch für Flieger, die wenigstens vorübergehend mit offenen Augen fahren können, das Monokel[1]) von Vorteil zeigen, das sich seiner Handlichkeit wegen in fast allem andern Sport so besonders bewährt hat. Es gewährt fast die gleiche Korrektion der Sehschärfe wie ein Zweiglas, es ist mit einer Hand zu bedienen, bei Beschmutzung leichter auszuwechseln und zu putzen, es vereinigt gewissermaßen die Vorzüge der Gläserlosigkeit mit denen der Gläser. Das unbewaffnete Auge bleibt von allen Nachteilen der Gläser verschont, dem bewaffneten bieten sich alle Vorteile des Glases. Das freie, durch völliges oder mäßiges Zukneifen gegen Kälte, Wind und Fremdkörper ziemlich geschützte Auge braucht nur alle paar Augenblicke zur völligen Ausnutzung der durch kein Glas getrübten Sehleistung geöffnet zu werden. Besonders beim Landen dürfte es dienlich sein. Es kann momentan bei Sturzgefahr abgesetzt oder fallen gelassen werden und schützt bei Landung gegen staubführenden Wind vor Fremdkörpern[2]). Das zweiäugige Körperlichsehen wird auch bei beiderseitigem Brechfehler mäßigen Grades und einseitiger Korrektion praktisch nicht beeinträchtigt. Im Freiballon ist das Einglas jedenfalls für alle mäßigen Abweichungen von der Normalrefraktion allen anderen Korrektionsmitteln vorzuziehen. Ich habe bei 3 Landungen mit eigens konstruierter Brille stets, bei 20 Landungen mit Monokel nie Bruch erlebt. Bei meiner letzten Landung blieb mein und meines Mitfahrers Monokel heil, während wir alle drei schwere Knochenbrüche und Gehirnerschütterung erlitten. Das meine war sicher bis zum letzten Augenblick vor der Betätigung der Reißbahn im Gebrauch.

Für Beobachtung und Erspähung von Einzelheiten ist es natürlich oft erwünscht, die einfache Sehschärfe zu steigern. Die Handhabung des Fernglases ist im Flugzeug infolge der Motorvibration, bei empfindlichen Augen (Schutzbrillenträgern) auch wegen des Zugs an seinen Rändern und wegen der Umständlichkeit des Wechsels von Schutzbrille und Fernglas recht erschwert; in einigen

---

[1]) Halben, Die Indikation zur Monokelverordnung. Therapeutische Monatshefte, 27, 1913.

[2]) Ich habe lange vergeblich auf Flieger gefahndet, die schon empirisch zur Bevorzugung des Einglases gekommen wären. Eben vor der Absendung des Manuskripts teilt mir ein gewöhnlich zweiäugig korrigierter Flieger allererster Klasse mit, daß er neue Maschinen stets nur mit Monokel und ohne Schutzbrille ausprobiert und sich all meinen Argumenten für das Einglas anschließt.

neueren Flugzeugkonstruktionen mit 6-Zylinder-Motor soll die Vibration gedämpft und das Fernglas gut verwertbar sein[1]). Im Freiballon stören die Drehungen des Korbes. Im Luftschiff wird es die besten Dienste leisten. Einen gewissen Ersatz, der vielleicht zu einer großen Rolle in der Luftfahrt berufen ist, kann man von den neuerdings von der Firma Zeiß konstruierten Distalgläsern erhoffen. Diese in einem einfachen Brillengestell zu tragenden leichten Gläser liefern bei kaum verengtem Gesichtsfeld 1,8fache Vergrößerung.

Erwähnenswert wäre noch die Gefahr der Blendung. Ihr kann man bei längerer Fahrt gegen die Sonne durch Vorschalten dunkler Gläser etwas vorbeugen; bei Rundenfahrten natürlich nicht. Die Hauptsache ist Vorsicht: Zukneifen der Lider und Vermeidung, den Blick der Sonne zu nähern. Hüten muß man sich auch auf Nachtfahrten vor Blick in die eigenen Lampen. Im Ballon soll ein Mann, der gar nicht ins Korbinnere, in dem Karten, Instrumente u. a. beleuchtet werden, sehen darf, den Ausguck übernehmen: ein einziger Blick ins Helle verdirbt ihm für längere Zeit die nötige Dunkeladaptation. Wird der Luftfahrer plötzlich vom Strahl eines Scheinwerfers getroffen, so ist er für einige Zeit so gut wie blind. Besonders im Flugzeug kann das zu Katastrophen führen. Der Pilot sollte deshalb daran denken, den Blick von der Lichtquelle des Scheinwerfers möglichst abgewendet zu halten. Die Bedienung von Scheinwerfern sollte vermeiden, Luftfahrzeugen, denen sie nicht feindlich ist, direkt entgegen zu leuchten. Ein gefährlicher Sturz von Stiploschek wurde durch Sonnenblendung, einer von Caspar durch Scheinwerferblendung verursacht.

Mancher unter Ihnen wartet nun gewiß schon lange auf die Erwähnung von Störungen des binokularen Sehakts, des Stereoskopischsehens und der darauf beruhenden Tiefen- und Entfernungsschätzung oder hat bereits mit Verwunderung aus Andeutungen entnommen, daß ich darauf wenig Wert zu legen scheine. In der Tat spielt bei den in der Luftfahrt in Betracht kommenden Entfernungen und bei den der schnellen Fortbewegung zu dankenden starken parallaktischen Verschiebungen das Stereoskopischsehen eine sehr viel geringere Rolle als die anderen Hilfsmittel für Tiefen- und Entfernungsschätzung. Dem widerspricht nicht, daß der Stereoskopischsehende die vorübergehende Ausschaltung eines Auges gerade im Moment der Landung als recht störend empfinden kann. Der mit jedem Auge richtig Einäugigsehende, der in richtiger einäugiger Schätzung geübt ist, braucht deshalb nicht von der Luftfahrzeugführung ausgeschlossen zu werden. Danach allein ist auch der Schieler zu bewerten, nicht, wie in der Anweisung zur Prüfung von Kraftfahrzeugführern angegeben, nach dem Grade des Schielens. Ein Schieler, der auch mit dem schlechteren Auge richtig orientiert und ausreichendes Sehvermögen hat, ist als tauglich zum Fliegen anzusehen. Während der Niederschrift erhalte ich zwei glänzende Bestätigungen dieser schon früher geäußerten Anschauung. Ein Oberleutnant, der infolge Sehnervenzerreißung durch Schädelbruch auf einem Auge völlig erblindet ist, teilt mir mit, daß er die richtige Entfernungsschätzung beim Automobilfahren und Fliegen sehr schnell wieder erlernt hat,

[1]) Außerdem kann man sich helfen durch Abstellen des Motors (Gleitflug) für die Dauer der Fernglasbenutzung.

und daß er bei selbständigen Flügen absolut keine Behinderung oder Beeinträchtigung seiner Sicherheit bemerkt hat, auch nicht in der Beurteilung des Landungsterrains und in der Größen- und Entfernungsschätzung beim Landen (Abfangen des Apparates aus dem Gleitflug). Auch seine Gesichtsfeldbeschränkung, die er seiner ziemlich kräftigen Nase wegen durch Fliegen mit nach der blinden Seite gedrehtem Kopf auszugleichen sich gewöhnt hat, hat ihn nie gestört. Ein anderer sehr erfahrener Ingenieur-Pilot schreibt mir, daß er nur ein brauchbares Auge hat, das zudem um 6 Dioptrien kurzsichtig ist. Das andere Auge ist seit der Knabenzeit infolge von Wundstarresten ganz untauglich und liefert große, schwache, verschwommene Bilder, die sich mit denen des andern Auges auch in ihrer Lage nicht decken, also höchstens als Doppel- oder Nebenbilder, die er allerdings psychisch auszuschalten versteht, irritieren könnten. Damit fliegt und landet er sicher, auch auf dem Wasser, wo Vergleichspunkte zur Höhenschätzung fehlen. Er fährt auch ohne Störung Freiballon, Motorrad und Automobil, während das Fehlen des Körperlichsehens ihn beispielsweise beim Tennisspielen sehr stört. Das ist sehr charakteristisch. Dieser Flieger hat auf Blériot-Eindecker mit Anzani-Motor gelernt. Wegen des starken Ölwurfs mußte er ohne jegliche Brille fliegen. Es fiel ihm ziemlich schwer, aber es ging. Einmal machte er „gehörigen Bruch" beim Landen. Das ist schließlich auch Normalsichtigen schon passiert. Er hatte dabei aber nur ein Auge mit einer Sehleistung von günstigenfalls etwa $^1/_{35}$ zur Verfügung. Er gilt allgemein für einen sehr sicheren Flieger.

Ernstere Augenverletzungen bei Luftfahrtunfällen sind bisher sehr selten beobachtet. Den einen Fall von Sehnervenzerreißung oder Durchquetschung bei Schädelbruch habe ich schon erwähnt. Der Sturz erfolgte durch Flügelbruch beim Abfangen eines steilen Gleitflugs; der Schädelbruch durch Aufprall der bei den alten Harlan-Flugzeugen zu Häupten der Flieger angeordneten großen schweren Benzinbehälter auf den Schädel. Jeder Schädelbruch kann auf verschiedene Arten zu völliger oder teilweiser Erblindung führen. Es genügen dazu, z. B. gerade bei einer Sehnervendurchquetschung durch Zersplitterung des Augenhöhlendachs mitunter schon sehr geringe Gewalten, wenn sie nur an ungünstiger Stelle und in ungünstiger Richtung treffen. Ein Grund mehr, nicht leichtsinnig den Sturzhelm fortzulassen. Zum Schutz der Augen empfiehlt sich vor schwieriger Landung Absetzen der Brillen und im Sturz Schließen der Augen.

Die Möglichkeit schwerer Augenverletzungen besteht nicht nur im Flugzeug. Sie ist ebenso bei Fahrt durch Baumkronen im Ballon und beim Landen gegeben. Bei jedem Verdacht auf perforierende Verletzung, d. h. auf Durchbohrung der Augapfelwand, ist sofort ein möglichst gut sitzender Verband über die geschlossenen Lider zu legen und der Patient schnellstens und ohne Aufenthalt beim nächsten Arzt zum schnellst erreichbaren Augenarzt zu befördern. Ohne Verband kann sich der Kranke durch Reiben und Wischen nachträglich den ganzen Inhalt des schmerzenden Auges aus der Wunde herausdrücken, und kommt er mit der Linse im Bart und der Iris auf der Backe, so kann der beste Augenarzt das Auge nicht mehr retten.

Von ernsteren, nicht auf Verletzung beruhenden Augenerkrankungen infolge Fliegens — also abgesehen von Bindehautreizungen, Fremdkörpern und der.

gleichen — habe ich bisher nur gerüchtweise gehört, darunter über einen Fall von dauernder Erblindung. Ohne Untersuchung muß ich den Fall anzweifeln und kann mir jedenfalls kein bestimmtes Bild davon machen. Immerhin ist die Möglichkeit — beispielsweise durch wiederholte akute Sehnerven- oder Regenbogenhautentzündung, die auch sonst bei heftiger lokaler Abkühlung erhitzter Augen, z. B, durch Zug und Wind beobachtet ist — nicht von der Hand zu weisen.

Eine ärztliche Untersuchung der Freiballonführer vor Zulassung als Aspirant ist erst seit kurzem vorgeschrieben. Bestimmte Mindestanforderungen für die Augen sind nicht festgelegt. Die Luftschiffführer werden neuerdings ebenso ärztlich geprüft wie die Flieger.

Die ersten 138 deutschen Flugzeugführer haben ihr Patent ohne ärztliche Prüfung erhalten. Von da an, seit Dezember 1911, ist von allen Zivilpiloten ein amtsärztliches Zeugnis nach den Anweisungen und Formularen für die Prüfung von Kraftfahrzeugführern verlangt. Diese Formulare sind reformbedürftig, mehr noch die dazu gehörigen Anweisungen und die Praxis der Prüfung. Gefragt wird in den Formularen nach Sehschärfe mit und ohne Glas, Unregelmäßigkeit des Gesichtsfeldes, Schielen, Augenmuskellähmungen, anderen Leiden des Auges und seiner Umhüllungen, Folgezuständen früherer Augenerkrankungen und erfreulicherweise nach Nachtblindheit. Ausdrücklich beantwortet ist meist nur die Frage nach der Sehschärfe. Oft ist dabei nur vermerkt: ,,Sehschärfe normal"; oft ist nur das Sehvermögen mit Glas angegeben, dagegen weder die unkorrigierte Sehleistung noch Art und Stärke des Glases bzw. der korrigierten Anomalie. Vielfach ist der Befund für rechtes und linkes Auge durch Klammer vereinigt, so daß nicht zu erkennen ist, ob und mit welchem Resultat jedes Auge einzeln geprüft ist. In einem Gutachten heißt es nur: ,,Kurzsichtig, doch kann er auch ohne Glas feine Schrift in der Nähe gut lesen." Das kann bekanntlich jeder Kurzsichtige, sofern er nicht durch gleichzeitige andere Augenkrankheiten daran gehindert ist. Bei den andern Fragen, insonderheit der wichtigen Frage nach Nachtblindheit, ist oft nur ein horizontaler Strich eingetragen, aus dem nicht zu ersehen ist, ob das Fehlen von Störungen durch Untersuchung festgestellt ist oder ob nicht geprüft ist. Gelegentlich heißt es sogar ,,angeblich nicht" oder auch ,,keine Anhaltspunkte für eine derartige Annahme". Selbstverständlich ist aber sachkundige Untersuchung erforderlich und eine bloße Befragung des Untersuchten nicht ausreichend. In zweifelhaften Fällen sollte hierfür wie für andere Fragen die Sprechstundenuntersuchung durch eine Prüfung unter natürlichen Bedingungen, also im Ballon und (statt im Flugzeug) im Automobil ergänzt werden. Bisweilen ist volle Sehschärfe ohne Glas notiert, während die den Akten beigeheftete Photographie die Augen mit Kneifer oder Monokel bewaffnet zeigt. Wenigstens die Wahrscheinlichkeit spricht da gegen volle Sehschärfe der unbewaffneten Augen.

Unter den 251 seit Einführung des Untersuchungszwanges zugelassenen Fliegern, unter denen allerdings eine große Anzahl nicht untersuchter Militärflieger ist, die, soweit sie mit Augenfehlern behaftet sind, vielleicht nicht alle sich durch Einreichung einer Photographie mit Gläsern kenntlich gemacht haben, finden sich 25, bei denen das Gutachten, und 6, bei denen die Photographie Augenfehler erkennen läßt. Nur in 5 Fällen ist Art und Grad der Refraktionsanomalie

verzeichnet, darunter einmal Astigmatismus auf einem Auge, sonst Kurzsichtigkeit bis zu 6 Dioptrien. Es ist mit Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß es sich auch in den unbestimmten Fällen um diesen leider so verbreiteten Augenfehler handelt. Sonstige Augenfehler sind nie vermerkt; es ist nicht sicher, ob stets eine objektive Untersuchung stattgefunden hat. Nach Störungen des Muskelgleichgewichts ist weder gefragt noch anscheinend gefahndet. Gar nicht erwähnt ist das nicht so seltene Flimmerskotom, ein anfallsweises Auftreten von Flimmern vor den Augen mit hochgradiger Störung oder Aufhebung allen Sehvermögens und nach Vorläufern von grünem Star (Glaukoma inflammatorium), bei dem es eines Tages zu obendrein äußerst schmerzhaftem Anfall von Erblindung kommen kann. Jedes dieser beiden Vorkommnisse macht zum Luftfahrzeugführer untauglich, ja, muß im Flugzeug fast sicher zu schwerem Unfall führen.

Es ist zu fordern, daß die Augenuntersuchung von Spezialsachverständigen, d. h. von Augenärzten ausgeführt wird, denn von andern ist das gleiche Maß von Kenntnis und Interesse für die erforderlichen, zum Teil sehr spezialistischen Untersuchungen nicht zu erwarten. Es ist zu wünschen, daß die Untersuchung der Luftfahrer durch luftfahrende Ärzte, deren es in Deutschland mindestens 200 gibt, geschieht. Denn bei ihnen darf höheres Verständnis und Interesse für die Forderungen der Luftfahrt sowie ein lebhafteres Gefühl für die große Verantwortung vorausgesetzt werden. Es hat sich gezeigt — in einer vor ca. 2 Jahren auf Veranlassung der Führerversammlung des Berliner Vereins für Luftfahrt, unter meinem Vorsitz zusammengetretenen Versammlung luftfahrender Ärzte —, daß auch unter diesen jedem einzelnen wichtige Gesichtspunkte aus anderen Spezialgebieten zunächst fernliegen. Es ist deshalb zu wünschen, daß eine Kommission luftfahrender Ärzte, in der zum mindesten ein Augenarzt, ein Nervenarzt, ein innerer Mediziner, ein Chirurg, ein Hals-Ohren-Arzt und ein Physiologe vertreten sein muß, Grundsätze über die zu stellenden Mindestanforderungen und über den Gang der Untersuchung berät und danach ihre Anträge an den Luftfahrerverband richtet und vertritt.

Es läßt sich voraussagen, daß sich als logische Konsequenz der Notwendigkeit einer Zulassungsprüfung die Forderung von periodischen Kontrolluntersuchungen, denen sich natürlich auch die älteren bisher ungeprüften Führer unterwerfen müßten, schwerlich unterdrücken lassen wird. Andererseits ist jedes irgend überflüssige Hochschrauben der Mindestanforderungen im Interesse der Piloten, der Industrie und der gesamten Luftfahrt zu vermeiden. Hoffentlich wird diese Ankündigung den zu befürchtenden Widerstand gerade der älteren und darum einflußreichsten Führer mildern. Vielleicht wird es zweckmäßig sein, einen Unterschied zwischen der Lizenz zum Alleinfliegen und zur Passagierbeförderung einzuführen.

Es ist selbstverständlich, daß alle Korrektions- und Schutzmittel mindestens doppelt mitzuführen sind. Aus demselben Grunde sollten bei Beförderung einer größeren Personenzahl oder bei sonstwie besonders gefahr- und verantwortungsreichen Luftfahrten möglichst zwei patentierte Führer an Bord sein.

Wenn eines der wesentlichsten Ergebnisse meines Vortrags die Feststellung ist, daß Herabsetzung der zentralen Sehschärfe überraschend wenig ausmacht im Vergleich zu anderen, den Luftfahrer ernster gefährdenden Augenstörungen, so

könnten Sie doch ein falsches Bild erhalten, wenn ich nicht nochmals ausdrücklich auf die Seltenheit dieser anderen Störungen hinwiese. Die Augenkrankheit, die schließlich durch Herabsetzung der Sehleistung die Auslese an geeigneten Luftfahrtkandidaten am meisten einschränkt, bleibt unsere weitverbreitete Volkskrankheit, die Kurzsichtigkeit. Sie macht nicht nur in ihren hohen Graden völlig untauglich zum Luftfahrer, sie beeinflußt auch in niederen Graden die körperliche Entwicklung, die Gewandtheit, die Lust an der Ferne, am Sport und an scharfer Beobachtung und die Eignung dazu. Ihre Entstehung und Zunahme läßt sich aber in fast allen Fällen verhüten oder in sehr geringen Grenzen halten. Es ist die Bildung eines großen Verbandes zu ihrer rationellen Bekämpfung in Vorbereitung. Nicht nur der Ersatz für Heer und Flotte würde durch Ausrottung der Kurzsichtigkeit quantitativ und qualitativ außerordentlich gewinnen, auch die ganze körperliche Tüchtigkeit des Volkes, seine Erwerbsfähigkeit und Lebensfreude und nicht in letzter Linie die Tauglichkeit zur Luftfahrt. Darum möchte ich die Gelegenheit nicht versäumen, an Sie alle, die Sie der Luftfahrt nahestehen, die Bitte zu richten, den entstehenden Verband durch Ihr Wohlwollen und durch korporativen und persönlichen Beitritt zu unterstützen.

Die Quellen der elektrischen Ladung eines Luftfahrzeuges.

Von

Dr. F. Linke-Frankfurt a. M.

M. H. In der letzten Zeit mehren sich die Fälle, wo Freiballone und Luftschiffe durch elektrische Entzündung zerstört werden, und man gewinnt den Eindruck, als ob diese Zunahme der „elektrischen Gefahr" nicht nur durch die Vermehrung der Anzahl der Ballone begründet erscheint. Es ist natürlich, daß diese Erscheinungen zu ernsten Studien Veranlassung gegeben haben, und so sehen wir schon nach der ersten Explosion des Berliner Ballons „Humbold" 1893 eine Kommission von Luftfahrern und Physikern bei der Arbeit, die Erscheinung aufzuklären. Diese Explosion kann als typisches Beispiel für viele andere Fälle gelten. Der Ballon war mehrere Stunden in starker Sonnenstrahlung und trockener Luft gewesen und glatt gelandet; als die Hülle schon halb entleert am Boden lag, entstand durch Berührung des Ventils mit der Hand ein Funke, der die Explosion hervorrief. Bei späteren Fällen hat sogar die Berührung des Ventils mit dem Boden die Explosion hervorgerufen.

Wir haben hier den ersten und vielleicht wichtigsten Fall, die Elektrisierung des Ballonstoffes durch Reibung. Sämtliche bisher bekannten Ballonstoffe können durch Austrocknung und Wärme in einen Zustand versetzt werden, in dem sie einerseits elektrisch isolieren und andererseits durch Reibung elektrisch erregt werden können. Diese elektrische Erregung geht gewöhnlich dadurch vor sich, daß der Stoff beim Entleeren oder Füllen heftig bewegt wird. Zweifellos ist diese Elektrizitätsquelle die wichtigste von allen, die zu behandeln ist. Ich kann mich aber jetzt mit dem Hinweis begnügen, da Herr Privatdozent Dr. Dieckmann hierauf gleich ausführlich zu sprechen kommen wird. —

Eine weitere wichtige Elektrizitätsquelle des Luftfahrzeuges ist die Atmosphäre selbst. Es ist bekannt, daß auch bei normalem Wetter sich in der Luft freie positive Elektrizität befindet, die hauptsächlich an Dunst- und Staubteilchen haftet. Infolgedessen bekommt die Erdoberfläche selbst eine negativ-elektrische Ladung. Der zwischen der positiven Luft und der negativen Erde bestehende Spannungszustand wird als „elektrisches Feld" bezeichnet. Dieses Feld kann man sich so vorstellen, daß man sich parallel der Erde in gewissen Abständen Flächen gelegt denkt, in welchen der Spannungszustand immer der gleiche ist, sog. Äquipotentialflächen. Wenn nun ein elektrisch leitendes Luftfahrzeug in dieses elektrische Feld hineinkommt, so wird das elektrische Feld gestört, die Äquipotentialflächen nehmen ihren Verlauf um das Luftschiff herum und drängen sich an den hervorstehenden Spitzen eng zusammen. Da, wo sie

am engsten nebeneinander liegen, bilden sich am stärksten influenzierte Ladungen. So entstehen also auch auf einem unelektrischen Ballon am Ventil negative, am Korb gleich hohe positive Ladungen. Nimmt man jetzt eine von diesen beiden Ladungen hinweg, was auf verschiedenen Wegen geschehen kann, so bleibt die andere übrig, und der Ballon kommt elektrisch am Erdboden zur Landung, wobei sich die Ladung natürlich mit der der Erde ausgleichen muß. Daß dabei Funken auftreten, ist wohl verständlich.

Es fragt sich nun: 1. Wie groß sind solche Ladungen? 2. Auf welche Weise kann der Ausgleich vor sich gehen? 3. Können solche Funken das Gas zum Entzünden bringen?

Die Größe der Ladung kann man abschätzen, wenn man sich überlegt, daß schon bei normalem Wetter das elektrische Feld einen Spannungsunterschied von 100 Volt für jedes Meter Höhendifferenz verursacht, und das wären für einen 20 m hohen Ballon schon 2000 Volt. Bei Gewitter kann diese Spannung auf mehrere tausend Volt pro Meter kommen, so daß Potentialunterschiede von 50 000 Volt zwischen Ventil und Korbboden eines Ballons wohl im Bereich der Möglichkeiten liegen. Ein Luftschiff, das sich in einer schrägen Lage befindet, kann dabei leicht auf einige hunderttausend Volt kommen.

Auf die zweite Frage nach der Möglichkeit des Ausgleichs kennen wir verschiedene Antworten. Bei sehr hohen Ladungen geht ein Ausgleich am leichtesten vor sich, und zwar an allen kleinen Ecken, Spitzen und Fädchen der Metallteile und der Bespannung. Auch durch intensive Bestrahlung des Stoffes mit dem ultravioletten Licht der Sonne kann die obere Ladung ausgeglichen werden. Ferner wird beim Ballastgeben, soweit es sich um Wasser oder feuchten Sand handelt, der Ausgleich eintreten.

Schwerer ist die Frage zu beantworten, ob die auftretenden Funken eine Explosion des Gases herbeiführen können. Explosives Gas befindet sich zwar genügend in der Nähe. Aber es pflegt nach oben zu entweichen, weil es viel leichter ist als die Luft. Und da diese Funken an der tiefsten Stelle des Luftschiffs auftreten, müßte man schon annehmen, daß ein zufälliger Luftwirbel ein mit der Gasmenge noch zusammenhängendes Gasteilchen mit nach unten reißt.

Ich fasse also mein Urteil dahin zusammen, daß eine Explosion eines Ballones infolge des elektrischen Feldes der Erde theoretisch nicht ausgeschlossen ist, daß aber nur bei einer Verkettung von unglücklichen Zufälligkeiten eine Katastrophe eintreten kann. —

Eine dritte Elektrizitätsquelle ist die Tätigkeit der Motoren. Dadurch, daß die Auspuffgase des Motors, angefüllt mit kleinen festen Partikelchen, unter hohem Druck die Auspuffrohre durcheilen, wird der Motor, wenn er isoliert ist — und das ist in der Luft der Fall —, sehr stark elektrisch. Dies hat zuerst Herr Dr. Dieckmann experimentell gezeigt, ich habe das nachgemacht und an einem kleinen Fahrradmotor schon nach einer Minute Spannungen von mehreren tausend Volt festgestellt. Der Ladeprozeß ist jedoch sehr unregelmäßig und liefert bald positive, bald negative Werte. Ob die Ladung der Auspuffgase zu Explosionen führen kann, die Frage möchte ich hier zur Diskussion stellen. Bisher sind noch keine Unfälle dadurch herbeigeführt worden.

Ähnlich wie die Elektrisierung durch Auspuffgase beruhen 2 andere Elektrizitätsquellen auf der Reibung eines verunreinigten und schnellströmenden Gases an festen Körpern. Das ist einerseits die bekannte Selbstentzündung geöffneter Wasserstoffstahlflaschen, aus denen das Gas unter hohem Druck entweicht. Dabei werden Verunreinigungen in der Stahlflasche mit fortgerissen, die an den Wandungen der Ausströmungsöffnung Reibungselektrizität hervorrufen.

Ich habe ferner Versuche angestellt, ob mit Staubteilen erfüllte Luft, die mit 20 bis 30 m p. Sek. Geschwindigkeit am Flügel eines Flugzeugs vorüberstreicht, auf diesem Ladungen hervorrufen kann; ich habe jedoch nichts gefunden. Hingegen erwies sich — nebenbei bemerkt — der Flügel an und für sich als ziemlich leicht elektrisch erregbar, wenn die Luft trocken ist oder er durch Sonnenstrahlung erwärmt wird. —

Auf eine andere Elektrizitätsquelle hat der kürzlich und leider viel zu früh verstorbene Professor H. Ebert aufmerksam gemacht, nämlich auf die Elektrisierung durch Ballastgeben. Wenn nämlich der Ballast aus trockenem Sande besteht, wird durch Reibung des Ballastes am Korbe Reibungselektrizität hervorgerufen, derart, daß der Ballon positiv elektrisch wird. Der Effekt tritt jedoch nur ein, wenn der Sand ganz trocken ist, und erreicht höchstens nur einige tausend Volt, kann also zu Bedenken keinen Anlaß geben.

Neuerdings ist noch eine andere Elektrizitätsquelle aufgetreten, das ist die Funkentelegraphie. Hierbei dient der Körper eines Luftschiffes als Gegengewicht gegen die in elektrische Schwingung zu versetzende Antenne. Es besteht die Möglichkeit, daß bei den hohen Spannungen sich innerhalb des Gerippes eines starren Ballones Funken bilden. Endgültigen Aufschluß kann man nur durch das Experiment bekommen, und es sind tatsächlich an einem in der Halle isoliert aufgehängten Luftschiff Untersuchungen angestellt worden, deren Ergebnisse noch nicht veröffentlicht sind. Aus der Tatsache jedoch, daß die Luftschiffgesellschaften ihre funkentelegraphischen Versuche fortsetzen, wird man wohl schließen können, daß die angestellten Versuche die Ungefährlichkeit der Funkentelegraphie dargetan haben.

Aus dieser Zusammenstellung ersieht man, wie zahlreich und verschiedenartig die „elektrische Gefahr" in der Luftschiffahrt auftritt. Es ist hohe Zeit, daß alle beteiligten und interessierten Behörden und Fachleute durch gründliche Untersuchungen die vorliegenden Verhältnisse klären, um die Gefahren dann zu beseitigen — oder zu vermeiden.

Über elektrische Eigenschaften von Ballonstoffen.

Von

Dr. Dieckmann-München.

Man kann bei der Beurteilung der zahlreichen Katastrophen, von denen die Luftschiffahrt betroffen wird, keinen besseren Standpunkt einnehmen, als daß man in diesen Unfällen Kinderkrankheiten erblickt; Einflüsse, die nur deshalb eine so starke und verderbliche Wirkung haben, weil der betroffene Organismus noch nicht gefestigt und entsprechend entwickelt ist.

Eines der Leiden, an denen der Statistik nach ein recht erheblicher Teil des Ballon- und Luftschiffmaterials im Einzelfalle jäh und unerwartet zugrunde geht, bilden die Brände. Wenn man eine Zusammenstellung der Fälle betrachtet, in denen ein Ballon oder Luftschiff beim Füllen, Landen, Entleeren oder sonst in Flammen aufgegangen ist, erhält man erst eine Vorstellung von dem enormen Betrag, der auf diese Weise in den letzten Jahren zugrunde gegangenen Werte.

Was nun diese Statistik weiter lehrt, ist, daß nur eine ganze Minderzahl dieser Brände durch Fahrlässigkeit mit offenem Feuer, durch Hochspannungsleitungen usw. verursacht sind, also durch Unfälle im eigentlichen Sinne. Die meisten Brände sind vielmehr während des regulären Betriebes, beim Nachfüllen, Entleeren usw. ohne unmittelbar erkennbare äußere Ursache ausgebrochen wie eine Krankheit. In allen diesen letzteren Fällen nimmt man — und mit Recht — als Zündungsursache den elektrischen Funken an.

Ob im einzelnen Falle dieser Funken den Ausgleich von Elektrizitätsmengen vorstellt, die durch Stoffreibung, Austritt von Gas, atmosphärisch elektrische Vorgänge oder sonst eine Ursache getrennt waren, ist für den Erfolg gleichgültig. Wichtig für uns sei die Feststellung, daß die jetzigen Ballons und Luftschiffe, unterstützt durch die brennbare Eigenschaft des Auftriebsgases, eine verhängnisvolle Disposition haben, durch elektrische Entladung zerstört zu werden.

An Bestrebungen, dieser Disposition entgegenzuarbeiten, hat es schon früher nicht gefehlt. Ich erwähne von den mannigfaltigen älteren Beiträgen in dieser Richtung nur die wertvollen Arbeiten von Siegsfeld und von Börnstein und die zahlreichen Untersuchungen, die das Zustandekommen der Ladungen durch die verschiedensten Ursachen betreffen.

Ich darf mich im folgenden darauf beschränken, Ihnen kurz die Auffassung des Problems vorzutragen, wie es sich in letzter Zeit, auf älteren Arbeiten fußend, in der Versuchsabteilung des Luftschiffbau Zeppelin in erfreulicher Einmütigkeit mit wohl allen anderen Untersuchungsstellen herausgebildet hat. Nach dieser Auffassung liegt die Hauptursache der Disposition für Brände in den elektri-

schen Eigenschaften der Ballonstoffe. Das Problem, die Möglichkeit, die Brände einzuschränken, ist sonach ein reines Materialproblem.

Wenn man von den elektrischen Eigenschaften der Ballonstoffe hört, denkt man zunächst an ihre im allgemeinen hohe Oberflächenelektrisierbarkeit. In der Tat ist diese Eigenschaft bei allen gummierten und mit getrocknetem Firnis überzogenen Ballonstoffen außerordentlich ausgeprägt. Gummi gegen Baumwolle, Seide oder Aluminium gerieben wird stark negativ elektrisiert.

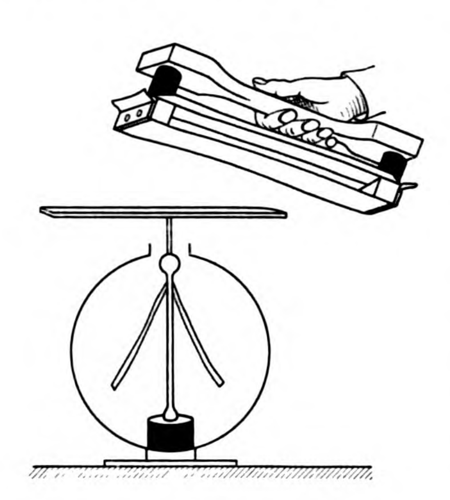


Fig. 1.

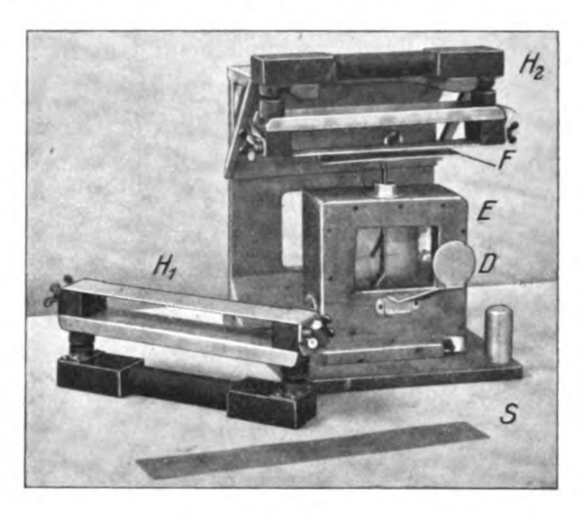


Fig. 2.

Man kann sich von dieser enormen Elektrisierbarkeit der zur Dichtung verwendeten Materialien auch bei feuchtem Wetter eine treffende Vorstellung machen, wenn man die zu untersuchenden Stoffproben in statisch gut isolierende Halter einspannt (Abb. 1), reibt und einem Elektrometer nähert. Reibt man beispielsweise Gummistoff gegen Aluminium, so erfolgt eine kräftige positive Aufladung des Aluminiums, eine negative des Gummis. Bei Annäherung mit der Hand kann man einen schwach knisternden Funken aus der Stoffprobe ziehen. In einer Anordnung nach Fig. 2 läßt sich der Betrag der Oberflächenelektrisierbarkeit zahlenmäßig feststellen.

Nach einer Schablone S, vorn auf dem Bilde sichtbar (Fig. 2), können aus verschiedenen Stoffen gleichgroße Stücke geschnitten und in einen der Halter H_1, H_2 eingespannt werden. Die Handhabe dieser Stoffhalter ist durch geriefelte Hartgummisäulen, die mit Messingkappen gegen Staub und Feuchtigkeit geschützt sind, von der eigentlichen Einspannungsvorrichtung isoliert.

Als Elektrometer E dient ein einfaches Aluminiumblattelektrometer mit einem Meßbereich von 400 bis 450 Volt. Der Influenzplatte f kann auf einem verstellbaren Träger der geriebene Stoff im Halter H_1 gegenübergestellt werden. Das Vorzeichen der Ladung wird durch eine geriebene Siegellackstange oder dergleichen ermittelt.

Wenn f die Größe der Influenzplatte in cm^2, a den Abstand des Stoffes von der Platte in cm und c die Kapazität des Elektroskops in cm bedeutet, so

berechnet sich die auf dem cm^2 vorhandene Oberflächenladung η zu

$$\eta = \frac{c}{300\,(f + 4\,\pi\,a\,c)} \cdot V \text{ stat. Einh.,}$$

wenn das Elektrometer auf V Volt Spannung ausschlug.

Die durch Reibung erzielbaren spezifischen Oberflächenladungen sind verhältnismäßig sehr groß, sie liegen der Größenordnung nach zwischen 0,1 und 10,0 stat. Einheiten pro cm^2. Gummierter Ballonstoff elektrisiert sich auch schon bei bloßer mechanischer Beanspruchung beim Falten, Dehnen usw.

Beachtung verdient auch der von Baron Soden gewonnene Befund, daß gut präparierte Goldschlägerhaut durch Reiben an sämtlichen anderen Materialien nicht nachweisbar elektrisiert werden kann. Künstlich mit Benzin gereinigte Haut oder solche, deren Präparationsschicht stark ausgetrocknet ist, läßt sich allerdings auch elektrisieren. Danach liegt die Ursache mangelnder Elektrisierbarkeit guter Goldschlägerhaut offenbar darin, daß die Haut beim Reiben stets in gewissem Grade das geriebene Material verschmiert. Die äußerste Oberflächenschicht, die beim Reiben in Berührung mit anderem Material kommt, geht sofort auf dies Material als dünner Überzug über. Auf diese Art werden etwa doch aufgetretene Ladungen sofort wieder neutralisiert.

Ein eigenartiges und zunächst überraschendes Verhalten einfach und mehrfach gummierter Gummistoffe sei an dieser Stelle noch erwähnt. Reibt man die gummierte Seite einer Baumwollgummistoffprobe und nähert sie dem Elektrometer, so zeigt dies eine erhebliche freie Oberflächenladung auf dem Stoff an. Der Stoff hat ein elektrostatisches Feld in seiner Umgebung. Berührt man dann die Probe, am besten die Baumwollseite, mit einem geerdeten Leiter und nähert darauf die Probe wieder dem Elektrometer, so zeigt dies — und darin liegt nichts Merkwürdiges — keine Ladung an. Die Probe hat kein Feld mehr.

Aber man darf deshalb nicht denken, der Stoff sei nun wieder in seinem unelektrischen Zustand. Legt man ihn jetzt ohne Reibung auf die Influenzplatte des Elektrometers, leitet dies zur Erde ab und entfernt dann die Stoffprobe, so zeigt das Elektrometer einen Ausschlag von vielen hundert Volt an.

Diese Fähigkeit, nach vorherigem Reiben trotz erfolgter scheinbarer Erdung bei Berührung mit einem Leiter wieder Elektrizitätsmengen frei zu machen, kann der Stoff durch viele Stunden behalten.

Wenn eine Probe des gleichen Stoffes nicht durch Reibung, sondern beispielsweise durch Influenz von einem elektrischen Leiter Ladung erhalten hat, zeigt sie dies Verhalten nicht. Man kann also in vielen Fällen nachträglich entscheiden, ob eine vorgegebene elektrisierte Stoffprobe ihre Ladung durch Influenz oder durch Reibung erhalten hat. Dies unterschiedliche Verhalten der Proben, das auf der Elektrophorwirkung guter Isolatoren beruht, wird aus den folgenden Skizzen ohne weiteres verständlich sein.

So beachtenswert und ernst nun diese Eigenschaft der Reibungselektrisierbarkeit der Mehrzahl unserer Ballonstoffe auch sein mag, ihre Verhinderung braucht nicht das Ziel unserer Bestrebungen zu sein. Die Möglichkeit des Auftretens elektrischer Ladungen wäre, da luftelektrische Vorgänge, Gasströmung, Motor-

auspuff usw. auch Elektrizitätsmengen freimachen können, keineswegs beseitigt. Die Praxis wird somit auf die Ermittelung der für die Oberflächenelektrisierbarkeit der einzelnen Stoffe charakteristischen Zahlen vorerst auch kein Gewicht zu legen brauchen.

Außerordentlich viel wichtiger und für die Luftschiffahrt betrüblicher ist eine andere Eigenschaft der meisten Ballonstoffe. Diese Eigenschaft ist das hohe elektrische Isolationsvermögen der meisten Substanzen, die dem Stoffe die Gasdichtigkeit geben. Dieses Isolationsvermögen oder — was dasselbe ist — diese geringe elektrische Leitfähigkeit gibt den Bollonstoffen die gefährliche Disposition, daß sich elektrische Ladungen ansammeln und disruptiv im Funken ausgleichen können. Um diese Disposition zu verhindern, genügt nicht mit Sicherheit eine Behandlung der Oberflächen der Ballonstoffe mit hygroskopischen Flüssigkeiten, etwa einer wässerigen Chlorkalziumlösung, wie sie Siegsfeld vorgeschlagen hat. Eine solche würde bestenfalls dem Stoff eine gewisse Oberflächenleitfähigkeit geben. Die fast ebenso wichtige Leitfähigkeit quer durch den Stoff hindurch, die verhindert, daß ein Stoff wie eine Leidener Flasche, wie ein Kondensator sich aufladen kann, würde durch eine derartige Präparation nicht erreicht werden können.

Die jetzige Ansicht, in der gegenwärtig alle Fachmänner übereinstimmen, ist also die: wenn man Ballonstoffe hätte, die auch bei großer Lufttrockenheit eine gute Oberflächen- und Querschnittsleitfähigkeit besäßen, so würden Funkenzündungen des Füllgases auf das beste vermieden werden.

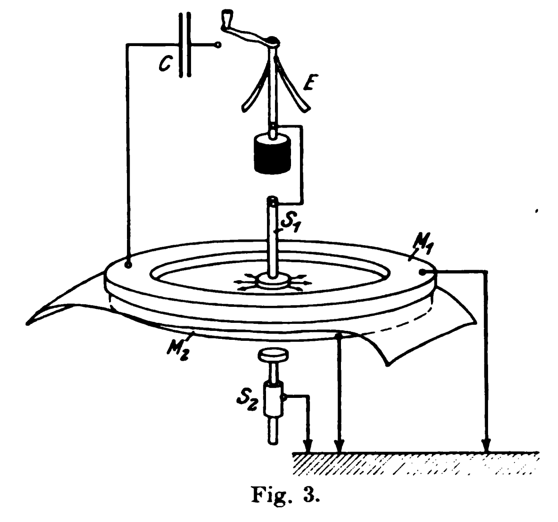


Fig. 3.

Gummierte und doppelt gummierte Stoffe sind direkt Gegenbeispiele zu dieser Forderung. Goldschlägerhäute in gutem Präparationszustand besitzen eine gewisse Oberflächen- und auch Querschnittsleitfähigkeit. Doch ist diese Leitfähigkeit von dem Feuchtigkeitszustand der Proben abhängig. Es ist aber wohl keine Frage, daß die Industrie, nachdem die Forderung der Praxis so klar ausgesprochen vorliegt, geeignete Stoffe erzielen wird. Ich bin leider nicht ermächtigt, schon vorlieliegende, in dieser Hinsicht recht beachtliche Proben hier vorzuführen.

Für die Zukunft ist anzustreben, daß ein zu verarbeitender Ballonstoff nicht allein auf sein Gewicht, Reißfestigkeit und Gasdichtigkeit geprüft wird, sondern der Stoff wird auch noch auf seine elektrische Längs- und Querleitfähigkeit untersucht werden müssen und dabei bestimmte Minimalbedingungen zu erfüllen haben.

Wie eine derartige Prüfung vorgenommen werden kann, läßt sich an einem einfachen Apparat (Abb.3), den ich gemeinsam mit Ing. Kurt Fischer angab, zeigen.

Zwischen zwei geerdete Metallringe M_1 und M_2 von bekanntem inneren Durchmesser wird die Stoffprobe eingelegt. Im Mittelpunkt der Stoffscheibe liegt von

oben eine Spannung führende Metallelektrode S_1, welche mit dem empfindlichen Teil eines Blättchenelektrometers E in Verbindung steht. Parallel zu dem Elektrometer lassen sich große Kondensatoren C einschalten. Eine stets geerdete Elektrode S_2 kann von unten her an den Mittelpunkt der Stoffprobe angelegt und wieder entfernt werden. Eine auf die Kondensatoren und das Elektrometer aufgebrachte Ladung wird so entweder radial von der oberen Sonde nach dem Rand oder quer durch den Stoff über die untere Elektrode abfließen können. Ein Maß für die Widerstände ist die Zeit, die vergeht, damit die Spannung des aufgeladenen Systemes um einen gewissen Betrag zurückgeht.

Es sei nun einmal die Annahme gemacht, der eingelegte Stoff besitze ausschließlich Oberflächenleitfähigkeit. In diesem Falle wird ein Anlegen oder Entfernen der unteren Elektrode die Entladegeschwindigkeit nicht im geringsten beeinflussen.

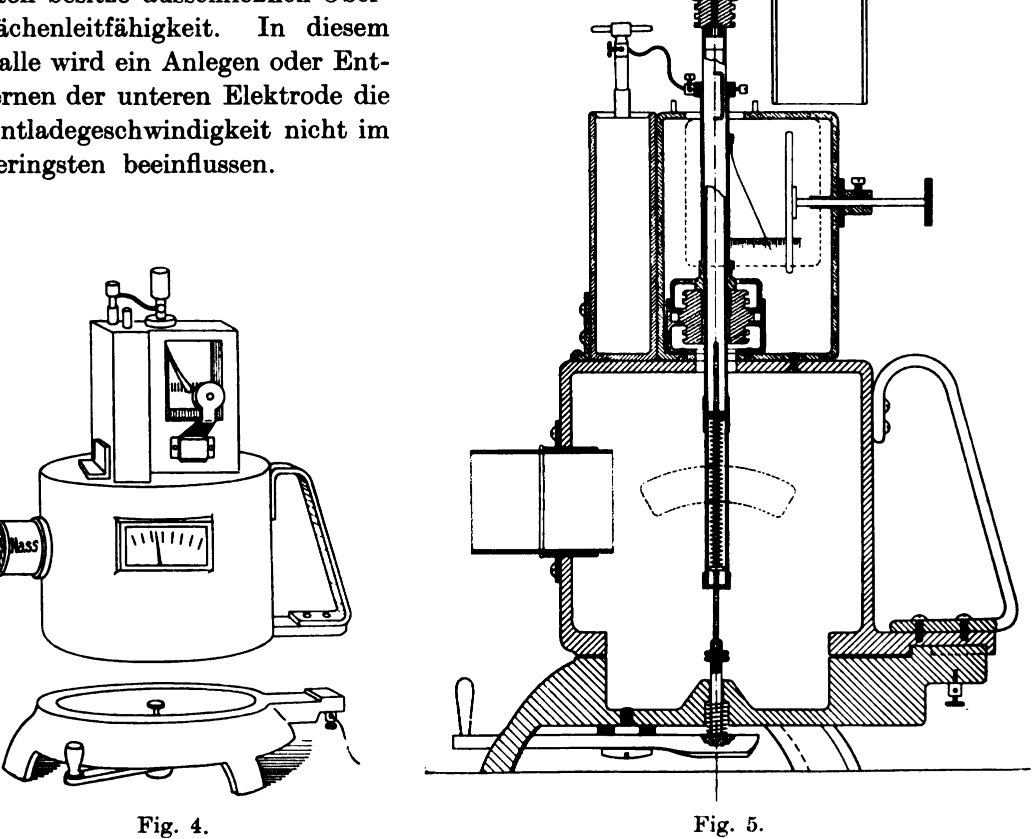


Fig. 4. Fig. 5.

Bedeutet C den Betrag des Kondensators in Farad, V_1 und V_2 die abgelesenen Spannungswerte in Volt zu Beginn und Ende der Beobachtungsdauer von T Sekunden, so berechnet sich der Wert des spezifischen Oberflächenwiderstandes σ_0, falls die Erdungsringe etwa 10,0 cm Durchmesser haben, zu

$$\sigma_0 = \frac{T}{0{,}6\,C\,(\lg V_1 - \lg V_2)}\ \text{Ohm}.$$

In einem anderen Falle sei angenommen, daß der Stoff aus einem homogenen Material von einem gewissen spezifischen Leitvermögen besteht. Ist, wie stets,

die Dicke des Stoffes klein gegen die Längserstreckung der Probe, so wird jetzt bei einer Berührung durch die Elektrode S_2 eine wesentlich größere Entladegeschwindigkeit zu beobachten sein. Der Wert des spezifischen Querwiderstandes σ_q ergibt sich näherungsweise als

$$\sigma_q = \frac{T \pi r^2}{C d (\lg V_1 - \lg V_2)} \text{ Ohm},$$

wenn r den Radius der Elektrodenplatten und d die Diche der Stoffprobe, beides in Zentimeter ausgedrückt, bedeutet.

Im allgemeinen wird ein Ballonstoff, namentlich wenn er geschichtet ist, weder der ersten noch der zweiten Annahme völlig entsprechen. Immerhin lassen sich aus den vier Beobachtungen, die sich ergeben, wenn die Stoffprobe beiderseits je einmal mit und ohne Anlegen der unteren Elektrode untersucht wird, charakteristische Zahlen für die Leitfähigkeitsverhältnisse dieses Materials gewinnen.

Die vier Messungen seien bezeichnet mit σ_1, σ_2, σ_3 und σ_4, wobei σ_1 und σ_3 ohne Gegenelektrode gewonnen sein soll. Die Werte von σ_1 und σ_3 sind dann hinreichend charakteristisch für die Oberflächenleitfähigkeit jeder Seite. Die Differenz $\sigma_1 - \sigma_2$ und $\sigma_3 - \sigma_4$ lassen einen brauchbaren Ausdruck für die Querschnittsleitfähigkeit ableiten.

Der in Fig. 4 und 5 von außen und im Querschnitt dargestellte Leitfähigkeitsprüfer für Ballonstoffe enthält in dem oberen, zu einem Topf erweiterten Metallring noch ein Hxgrometer und eine „Naß-Trocken-Kapsel". Diese in der Mitte unterteilte, außen mit Drahtgaze geschlossene Kapsel kann auf der einen Seite mit einem Trockenmittel beschickt werden. Man hat es, je nachdem, welchen Teil der Kapsel man in den Topf einführt, in der Hand, die relative Feuchtigkeit im Untersuchungsgefäß zu variieren. Dies Hilfsmittel ist nicht nur erwünscht, damit man alle Angaben auf eine bestimmte Feuchtigkeit beziehen kann, sondern auch damit man rasch erkennen kann, ob die fragliche Stoffprobe hygroskopisch leitet oder metallisch. Stoffe, die hygroskopisch leiten, sind im jeweiligen Betrag ihres Leitvermögens ungemein von der momentanen Feuchtigkeit abhängig. Falls die Aufgabe bestände, einen ganz subtilen Indikator für relative Feuchtigkeit zu konstruieren, könnte man direkt auf Leitfähigkeitskontrollen hygroskopisch leitender Stoffe zurückgehen.

Stoffe, die auch noch bei großer Trockenheit, also bei 20 bis 30 % relativer Feuchtigkeitswerte, einen spezifischen Widerstand von nicht über 10 Millionen Ohm haben, wird man mit großem Vertrauen für die Herstellung von Gaszellen, insbesondere auch der Stoffteile der Ventile und Füllansätze verwenden können. Ein derartiger Stoff würde im allgemeinen auch zuverlässiger sein als die Verwendung radioaktiver Substanzen, die von den verschiedensten Seiten zum Zwecke einer Elektrizitätszerstreuung vorgeschlagen wurde. Feuchte Goldschlägerhaut erfüllt die Bedingung bis zu einem gewissen Grade schon jetzt.

Wenn die Bemühungen für weitere Verbesserung der elektrischen Eigenschaften der Ballonstoffe Erfolg haben, so wird das kein lauter und nach außen auffälliger Erfolg sein können. Man kann diese Bestrebungen ja direkt mit prophylaktischen oder hygienischen Maßnahmen vergleichen. Nur aus der Statistik wird sich entnehmen lassen, wenn die Zahl der Luftschiff- und Ballonkatastrophen,

bei denen Funkenzündung des Füllgases als Ursache anzunehmen ist, zurückgeht. Für die Überwindung dieser Kinderkrankheit der Luftschiffahrt kann man die beste Prognose stellen.

Diskussion.

Dr. **Jeserich**-Berlin.

Ich kann aus meinen Fahrten der Jahre 1884/85 vollauf die Ausführungen des Herrn Dr. Linke bestätigen. Damals konnte ich erst nach vergeblichen, vielen Versuchen im Freiballon dann elektrische Ladung nachweisen, wenn ich Ableitung durch Anwendung eines Spitzenkörpers (Morgenstern), Abwerfen von feuchtem Sand oder Auslaufenlassen von einem Wasserstrahl schaffte.

Prof. Dr. **Schmidt**-Halle für Privatdozent Dr. **Albert Wigand**-Halle.

Die Forderung einer guten elektrischen Oberflächenleitfähigkeit zur Verminderung der elektrischen Gefahren ist bei dem „metallisierten" Gummiballonstoff, wie er von einigen Firmen fabriziert wird, nicht erfüllt. Wenn dieser Stoff, wie häufig behauptet wird, die Elektrizität gut leitete, könnte man daran denken, für eine radiotelegraphische Anfangsstation im Freiballon eine metallisierte Ballonkugel ohne Anbringung der jetzt üblichen Drahtringe als Gegengewicht zu benutzen. Mit diesem Gedanken machte ich vor einem Jahre Widerstandmessungen an Proben von Metzelers metallisierten Ballonstoffen, und zwar von einem einseitig gummierten, leichten und einem diagonal doublierten, kräftigeren Stoffe. Es wurde ein rechteckiger Streifen des Stoffes von der Größe 67×270 mm mit den Breitseiten in gleichbreite Metallklemmen, die als Elektroden dienten, eingespannt. Der Widerstand in der Längsrichtung war stets mehr als 10^7 Ohm. Auch Herr O. Wiener (Leipzig) hat bei metallisiertem Stoffe sehr hohen Widerstand gefunden. Der Aluminiumbelag ist offenbar nicht genügend zusammenhängend und erhöht daher die eigene Leitfähigkeit des gummierten Baumwollstoffes nicht erheblich.

Um ferner eine mögliche Verwendbarkeit des Stoffes als Kondensatorbelegung direkt zu untersuchen, wurde die Außenbelegung einer Leidener Flasche von etwa 1000 cm Kapazität entfernt und durch umgewickelten metallisierten Ballonstoff ersetzt; als Außenkontakt dienten breite Klemmbacken und umgewickelter Draht. Die zusammen mit Herrn Lutze-Halle ausgeführten Messungen mit einem Resonanztransformator ergaben, daß bei einer Spannung von 10 Volt die Kapazität für die Flasche mit metallisiertem Ballonstoff als Außenbelegung kleiner als 10 cm war; die Leitfähigkeit des Stoffes genügte also bei dieser Spannung nicht zur Aufladung. Die Spannung wurde sodann allmählich gesteigert. Erst bei mehr als 2000 Volt setzte eine selbständige Aufladung der Ballonstoffbelegung ein. Dabei war deutlich zu bemerken, wie von den Zuleitungen auf den Stoff und auch zwischen den einzelnen Aluminiumteilchen Fünkchen übergingen, die den

Gummistoff, nach dem Geruch zu urteilen, teilweise zerstörten. Durch solche Sprüherscheinungen, die in der inkohärenten Struktur des Metallüberzuges ihre Ursache haben und schon bei gar nicht sehr hohen Spannungen auftreten können, dürfte die elektrische Gefahr bei Verwendung von metallisiertem Gummiballonstoff noch erhöht werden.

Andererseits bleibt jedoch die Tatsache bestehen, daß der metallisierte Stoff etwas im Vorteil ist, da er sich bei negativer Ladung durch die Lichtwirkung (auch des diffusen Tageslichtes) jederzeit schnell mit dem elektrischen Felde der Atmosphäre ins Gleichgewicht setzen wird.

Dr. **Gerdien**-Berlin.

Zu den Ausführungen des Herrn Dr. Linke möchte ich bemerken, daß das Resultat der Versuche, die er über die Aufladung von relativ gegen die Luft bewegten Leitern anstellte, nicht neu ist. Es existieren da z. B. sehr sorgfältige Untersuchungen von Herrn G. C. Simpson, die dieser auf Anregung von Herrn Prof. Wiechert im Geophysikalischen Institut vorgenommen hat; Herr Simpson hat dabei nicht eine Spur von Aufladung gefunden.

Etwas anderes ist es natürlich, wenn der an dem Leiter oder Nichtleiter vorbeistreichende Luftstrom kleine feste Körper enthält, z. B. Sand oder trockene Staubteilchen. Solche Ladungen sind den Luftelektrikern auch seit langer Zeit bekannt; z. B. hat Herr Benndorf in Sibirien sehr starke Aufladungen beobachtet. Diese Verhältnisse dürften wohl auch für die Lenkluftschiffe in Betracht kommen.

Dr. M. **Seddig**-Frankfurt a. M.:

Wie wir aus den beiden ausführlichen Berichten der Herren Vorredner gehört haben, treten auf Ballonhüllen aus den verschiedensten Ursachen häufig elektrische Ladungen auf, welche Spannungen bis 100 000 Volt erreichen können. Beide Redner wiesen darauf hin, welche Gefahren in solch hohen Spannungen liegen, wie dadurch eine ständige Gefahr der Entzündung des Ballongases vorhanden ist. Hierauf ist zu bemerken, daß hohe Spannungen nicht unbedingt eine unmittelbare Gefahr für das brennbare Gas und damit für den Ballon bedeuten. Man kann eine Reihe physikalischer Gründe ganz plausibler Art für diese Behauptung finden. Daß hohe Spannungen an und für sich nicht eine besondere Gefahr bedeuten, leuchtet sofort ein, wenn man bedenkt, daß elektrische Spannungen von 100 000 und noch mehr Volt erhalten werden, wenn man eine Siegellackstange oder einen Hartgummifederhalter reibt; denn von einer geriebenen Siegellackstange können Funken von 1½—2 cm Länge erhalten werden, was einer Spannung von etwa 150 000 Volt entspricht. Aber derartige Funken sind trotz ihrer hohen Spannung ganz und gar ungefährlich. Mit den Funken von einer geriebenen Siegellackstange oder einem Hartgummifederhalter kann unmöglich — und das wird Ihnen auch schon Ihr Gefühl sagen — selbst das explosibelste Knallgasgemenge zur Entzündung gebracht werden. Es liegt das daran, daß bei den Funken, die man von einer derartigen Siegellackstange bekommt, die zur Entladung gelangende Elektrizitätsmenge eine äußerst geringe ist. Die Amperezahl des Funkens

ist in diesem Falle eine ganz geringfügige und infolgedessen der Funken auch nur von sehr niedriger Temperatur; denn beim Entladen der geriebenen Hartgummi- oder Siegellackstange wird nur die Ladung von einem, ganz minimalen Teil der Oberfläche fortgenommen, während die übrigen Ladungen, die auf der Siegellackfläche vorhanden sind, auf diesen Flächenteilen bleiben, weil das Material ein guter Isolator ist. Wir haben hier ganz das analoge Verhalten, wie wir es bei dem sogenannten Elektrophor schon ganz genau kennen. Haben wir die Harz- oder Hartgummiplatte eines Elektrophors durch Reiben auf ihrer ganzen Oberfläche elektrisiert, so haben wir damit eine ziemlich beträchtliche Elektrizitätsmenge erzeugt; berühren wir dann an irgendeiner Stelle diese Platte ableitend zur Erde, dann bekommen wir trotz dieser großen erzeugten Elektrizitätsmenge nur einen schwachen, kaum hörbaren Funken, weil wir, wie vorher bei den Experimenten bei der Siegellackstange erwähnt, immer nur gerade die berührte Stelle der Hartgummi- oder Harzplatte entladen und nur von dieser Stelle die Ladung fortnehmen. Auf allen übrigen Stellen der Harzoberfläche bleiben die Ladungen in ursprünglicher Dichte sitzen und können von dort nur durch sukzessive Berührung einzeln heruntergeholt werden. Jedesmal gibt es dann wohl einen Funken von hoher Spannung; aber jeder einzelne dieser Funken ist äußerst schwach, kaum hörbar knisternd und von ganz geringer Intensität und damit auch von geringer Temperatur.

Ganz anders wären die Verhältnisse, wenn wir die durch Reiben elektrisierte Oberfläche mit einer Metallschicht innig bedecken (die Metallschicht muß natürlich mittels isolierender Handhabe auf die elektrisierende Schicht gelegt werden); berühren wir dann diese Metallschicht an irgendeiner Stelle ableitend zur Erde, dann entladen wir sofort die gesamte Oberfläche der Harzplatte und bekommen einen laut knallenden, hellen und sehr intensiven Funken von hoher Temperatur. In diesem Falle gelangt durch diesen einzigen Funken die gesamte Masse der auf der Harzoberfläche angesammelten Elektrizität zur Entladung. Trotzdem wir also bei diesem zweiten Versuch in dem Funken dieselbe Spannung haben wie vorher, als wir die einzelnen Teile der Harzplatte berührten, ist jetzt die Amperezahl und damit die thermische Wirkung des Funkens eine höhere. In diesem Falle sind wir wohl imstande, mit einem solchen Funken ein Knallgasgemenge zur Entzündung zu bringen.

Noch anschaulicher wird die Wirkung der leitenden Belege auf den Charakter des Funkens, wenn wir uns an den in der Physik häufig gemachten Versuch mit der auseinandernehmbaren Leidener Flasche erinnern. Es ist dies eine Leidener Flasche von der in Figur 1 skizzierten Gestalt. Sie besteht aus einem Glasgefäß (G) und Metallbelegen (M_1 und M_2), die innen und außen sitzen. Wird eine derartige Flasche geladen, so daß z. B. Plusladung auf den innern Beleg und Minusladung auf den äußern Beleg kommt, so können wir durch die Verbindung des innern Beleges mit dem äußern einen ungeheuer intensiven Funken erhalten. — Machen wir jetzt den weiteren Versuch, daß wir von der geladenen Leidener Flasche mit Hilfe eines isolierenden Griffes den inneren Beleg herausnehmen und den äußeren Beleg abheben, so nehmen wir mit diesen Metallmassen nur minimale Mengen von Ladungen mit hinweg, entsprechend der Kapazität

dieser Metallmasse. Die Hauptmasse der Ladung bleibt jedoch auf der Innen- und Außenwand des Glasgefäßes (G) sitzen, wie dies Figur 2 andeutet. Wir können diese Ladungen direkt nachweisen, indem wir die einzelnen Stellen der innern oder äußern Oberfläche ableitend berühren; jedesmal bekommen wir einen kleinen Funken. Wir entladen dann genau so, wie wir es vorher im Falle der Siegellackstange bzw. Elektrophorplatte getan haben, immer nur die gerade *berührte* Stelle, ohne die Ladungen auf den anderen Stellen zu stören. Daß die Ladungen, die auf den nichtberührten Stellen saßen, noch weiter vorhanden sind, kann man sofort nachweisen, wenn man diese Flasche mittels isolierter Handhabe wieder zusammensetzt, nach Art der Figur 1. Wird jetzt die Verbindung zwischen Innenbeleg und Außenbeleg hergestellt, so bekommen wir sofort wieder einen ungemein intensiven und heißen Funken, weil jetzt die Ladungen von den *gesamten* Oberflächen zusammengefaßt werden und gleichzeitig durch den *einen* Funken zur Entladung kommen.

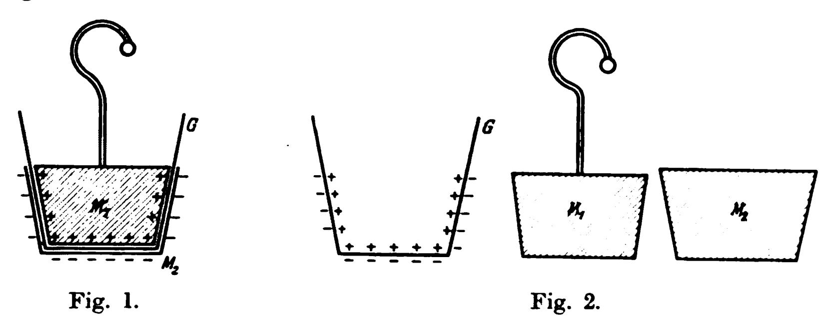


Fig. 1. Fig. 2.

Durch diese ausführlichen Darlegungen ist wohl genügend charakterisiert, welch ungemeine Wichtigkeit größere metallische Leiterflächen für die Bildung intensiver Funken haben, und das führt mich dazu, zu behaupten, daß für gewöhnlich die *metallisierten* Ballons oder die sonst elektrisch leitend gemachten Hüllen unter Umständen eine größere Gefahr bedeuten als die isolierenden oder möglichst schlecht leitenden Ballonhüllen. Es kommt meiner Meinung nach gar nicht darauf an, daß man so großes Gewicht darauf legt, daß der Ballonstoff durch Reiben möglichst wenig elektrisch werde; denn es sind ja im übrigen noch so viele Quellen für die Elektrizitätserzeugung vorhanden, daß die Gefahr einer Elektrizitätserzeugung durch Reibung nur eine untergeordnete Rolle spielt. Es ist vielmehr von größerer Wichtigkeit, zu *verhindern*, daß die Ladungen, welche sich einmal gebildet haben, auf dem Ballonstoff *sich ausbreiten*. Und diese Eigenschaft, die Ausbreitung der Ladungen zu verhindern, haben gerade die Stoffe, die durch Reiben stark elektrisch werden, die isolierenden Stoffe. Im Gegensatze dazu wirken die Ballone aus metallisierten Stoffen oder Ballone, deren Hüllen auf irgendwelche Weise elektrisch leitend gemacht sind, gerade so wie die *Konduktorkugel der Elektrisiermaschine*. Auf ihren Oberflächen sammeln sich die an irgendwelcher Stelle erzeugten Elektrizitäten an und verteilen sich gleichmäßig auf die ganze Oberfläche, um dann, wenn irgendein Anlaß zu einer Funkenbildung gegeben ist, durch diesen *einen* Funken in ihrer *ganzen* Menge zur Entladung zu gelangen. Der Funken bekommt also eine hohe Amperezahl, d. h. eine hohe

Intensität und Temperatur und wird damit gefährlich. Beim nichtleitenden oder nur schlecht leitenden Ballon bleiben die erzeugten Ladungen an den Stellen, wo sie entstanden sind, so daß bei einer Funkenbildung immer nur die Elektrizitätsmenge zur Entladung kommt, die in der Nähe der berührten Stelle sitzt. Die übrigen elektrischen Ladungen bleiben auf ihrer Stelle sitzen oder können nur äußerst langsam nachströmen, falls eine geringe Leitfähigkeit vorhanden ist. In beiden Fällen haben die Funken vielleicht dieselbe Spannung, nur sind sie im letzteren Falle von bedeutend geringerer Intensität und damit viel weniger gefährlich. Aber nicht nur beim Motorballon haben wir mit gefährlichen elektrischen Ladungen und Konduktorwirkungen der leitenden Hüllen zu rechnen. Auch beim Freiballon ist ständig die Gefahr vorhanden, daß sukzessive erzeugte Ladungen auf ihm wie auf der Konduktorkugel der Elektrisiermaschine sich sammeln und später auf einmal und in gefährlicher Weise zur Entladung kommen. So ist z. B. schon durch das auf der Erde reibende Schleppseil für gewöhnlich eine Quelle sehr starker Elektrizitätserzeugung gegeben, die ich vor einiger Zeit in einem Vortrag darlegte und durch Versuche nachweisen konnte. Ebenso bewirkt das Reißen der Reißbahn, besonders wenn sie hart oder vor längerer Zeit geklebt ist, eine beträchtliche Elektrizitätserzeugung. Diese Gründe machen es auch plausibel, warum so häufig gerade während des Landens die verhängnisvollen Zündkatastrophen auftreten.

Nach derartigen physikalischen Überlegungen sollte man wohl zu dem Schluß kommen, daß es für gewöhnlich besser sein wird, elektrisch isolierende Stoffe zu den Ballonhüllen zu verwenden als metallisierte oder sonstwie leitend gemachte; denn jede Gefahr, die aus der entstehenden Reibungselektrizität isolierter Stoffe hervorkommen kann, ist bedeutend geringer als die ständige Gefahr der Wirkung der Ballonhülle als elektrischer Konduktor oder gar Kondensator.

Dr. **Linke**-Frankfurt.

Die „metallisierten" Ballonstoffe verhalten sich meiner Ansicht nach wie die übrigen Stoffe.

Dr. **M. Seddig**-Frankfurt a. M.:

Meine Erfahrungen betr. metallisierten Ballonstoff gehen dahin, daß auch Fabrikate im Handel sind, die eine sehr beträchtliche Leitfähigkeit aufweisen. Zu beachten ist vielleicht noch, daß solche an und für sich gut leitenden Stoffe nachher nochmals mit einem ziemlich schlecht leitenden Firnis überzogen wurden. — Bei der Bestimmung der Leitfähigkeit hat man übrigens auch in geeigneter Weise zu verfahren, vor allem die Messungen mit genügend hohen elektrischen Spannungen vorzunehmen.

Privatdozent Dr. **Dieckmann**-Gräfelfing:

Ich bin ganz unmöglich in der Lage, der Ansicht des Herrn Dr. Seddig zuzustimmen.

Normale gummierte Baumwollstoffe sind eben bei einiger Luftfeuchtigkeit keine guten Isolatoren. Aus ihnen können sehr wohl heiße Funken gezogen werden.

Wir stehen auf dem Standpunkt, daß wir mit eindeutig definierten Materialien arbeiten müssen, um bindende Schlüsse ziehen zu können. Besitzt man leitende Stoffe, so kann man wirksame Gegenmaßregeln gegen Funkenbildung in zündfähigem Gasgemisch treffen.

Auch Cellitproben wurden untersucht. Leider besitzt Cellit hohe Elektrisierbarkeit und geringes Leitvermögen. Es erscheint also als Dichtungsmaterial für Ballonhüllen sehr wenig geeignet.

Dr. **Gerdien**-Berlin.

Die Leitfähigkeit solcher metallisierten Stoffe hängt natürlich ganz von den Verfahren ab, nach welchen diese hergestellt sind. Es gibt heutzutage eine große Zahl verschiedener Verfahren. Z. B. ist neuerdings das Verfahren des schweizerischen Ingenieurs Schoop bekannt geworden, nach welchem sehr gut dichte und leitende Überzüge erhalten werden sollen. Eigene Erfahrungen über diesen Punkt habe ich nicht, möchte aber in Anbetracht der Wichtigkeit dieser Frage anregen, daß die nach allen diesen neuen Verfahren hergestellten Stoffe einmal gründlich untersucht werden.

Professor Dr. **Wachsmuth**-Frankfurt.

Nicht leitende Ballone könnten dadurch noch mehr vor Zündungsgefahr geschützt werden, daß man die unvermeidlichen Metallteile (Ventil) mit isolierender Hülle überzieht.

Privatdozent Dr. **Dieckmann**-Gräfelfingen.

Ich habe zahlreiche Aluminiumstoffproben untersucht. Die normalen Stoffe haben bei hoher Luftfeuchtigkeit sogar einen noch größeren Widerstand als gewöhnliche gummierte Baumwollstoffe, da die Aluminiumschicht die Feuchtigkeit nicht zum Gewebe treten läßt.

Die Ansicht trifft meines Erachtens nicht zu, daß man sich durch gutleitende Stoffe einen Gegner ins Haus ruft. Wenn man von Fällen, wie etwa Anstreifen des Ballons an einen Turm oder Schornstein, die an sich höchst gefährliche Situationen vorstellen, absieht, wird man keine Möglichkeit von Funkenübergängen auffinden können.

Ich persönlich halte es für unmöglich, in dieser allgemeinen Diskussion das fragliche Gebiet mit Vorteil zu erörtern. Hierzu dürfte in dem luftelektrischen Unterausschuß vorerst bessere Gelegenheit sein. Vielleicht darf über die dort gewonnenen Ergebnisse gelegentlich vor einer Hauptversammlung referiert werden.

Jahrbuch der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik

II. Band 1913/14

3. Lieferung



Berlin
Verlag von Julius Springer
1914

Inhaltverzeichnis.

Seite

Vorbericht. Geschäftsführer Béjeuhr 185
Tätigkeit der Geschäftsstelle. Geschäftsführer Béjeuhr 188
Bericht des Wissenschaftlich-Technischen Ausschusses. Major z. D. Professor Dr.-Ing. von Parseval 188
Bericht des Prüfungs-Ausschusses zur Beurteilung von Erfindungen.
α) Überblick über die Tätigkeit. Geschäftsführer Béjeuhr 190
β) Kritischer Bericht. Major z. D. Prof. Dr.-Ing. von Parseval 193
Bericht des Ausschusses für literarische Auskünfte und Literaturzusammenstellung. Professor Dr.-Ing. Bendemann 195
Bericht des Ausschusses für Motoren. Se. Magnifizenz Professor Romberg 196
(Mit Referaten von Dr. Mader, Dr. Bergmann und Geheimrat Prof. Scheit) 196
Bericht des Ausschusses für medizinische und psychologische Fragen. Hofrat Professor Dr. Friedländer 212
Bericht des Ausschusses für Vereinheitlichung der Fachsprache. Professor Dr. E. Meyer 220
Bericht des Ausschusses für elektrostatische Fragen. Dozent Dr. Linke 222
Bericht des Ausschusses für konstruktive Fragen der Luftfahrzeuge mit besonderer Berücksichtigung der Sicherheitsvorschriften. Professor Dr.-Ing. Reißner 223
Bericht des Ausschußes für Meßwesen 224

Wir möchten an dieser Stelle die ganz besondere Bitte an die verehrlichen Mitglieder richten, uns stets die Adressen aller in Frage kommenden ihnen bekannten Stellen gütigst mitteilen zu wollen, die sich für die Gesellschaft und ihre Veröffentlichungen interessieren. Diese Adressenangabe ist uns auch deshalb von großem Wert, weil wir hierdurch die rege Werbetätigkeit der Mitglieder, die unbedingt nötig ist, am besten unterstützen können.

Vorbericht.

Schon in der ersten Sitzung des „provisorischen Arbeitsausschusses“, der in der Gründungssitzung der Gesellschaft mit der Aufgabe betraut war, geeignete Vorschläge zu machen, welche es der Gesellschaft ermöglichten, die selbst gestellten Zwecke und Ziele zu erfüllen, schon in dieser ersten Sitzung wurde es als richtig anerkannt, für jede Sonderaufgabe kleine Ausschüsse zu bilden, die das betreffende Gebiet für sich soweit durchzuarbeiten hätten, daß der Gesellschaft als solcher schon fest umrahmte Beschlüsse zur weiteren Veranlassung vorgelegt werden könnten.

Dieser damals eingeschlagene Weg hat sich in jeder Beziehung als der richtige erwiesen. Mehr und mehr haben die einzelnen Ausschüsse sich zu Arbeitsstätten entwickelt, in den der kleine Kreis der Fachleute des betreffenden Arbeitsgebietes sich zusammenfindet, um über die vorliegenden Fragen zu beraten.

Für einen auf so großer, breiter Basis gegründeten Verein, wie ihn unsere Wissenschaftliche Gesellschaft für Flugtechnik darstellt, mußte zur Erreichung ihres Zieles: — „Zusammenschluß von Fachleuten der Luftfahrtechnik, der Luftfahrwissenschaft und anderen mit der Luftfahrt in Beziehung stehenden Kreisen zur Erörterung und Behandlung theoretischer und praktischer Fragen des Luftfahrzeugbaues und -betriebes“ — von vornherein eine bestimmte Richtlinie gefunden werden. Schon heute nach zweijährigem Bestehen, sind unsere Mitglieder nicht nur über das ganze Deutsche Reich, sondern weit ins Ausland verstreut; unser Bestreben geht auf diesem Wege weiter: — wir wollen die gesamte, namhafte nationale und internationale Fachwelt bei uns vereinigen! — da ist es ohne weiteres klar, daß wir eine örtliche Vereinigung der gesamten Mitgliedschaft schon der großen Kosten wegen höchstens einmal im Jahre herbeiführen können. Auf diese einmal jährliche Ordentliche Mitglieder-Versammlung müssen sich dann naturgemäß die großen Vorträge über das Gesamtgebiet beschränken, während die Fragen der Spezialdisziplinen von selbst zurücktreten müssen. Diese Fragen sind nun aber keineswegs weniger wichtig, im Gegenteil wird ihnen häufig ein erhebliches Interesse ihres Sondergebietes entgegengebracht. Hierzu kommt noch, daß sie gewissermaßen als „Tagesfragen“ mit einer entsprechenden Schnelligkeit durchberaten werden müssen, also einen Aufschub bis zur Zeit der nächsten Jahresversammlung nur in den seltensten Fällen vertragen. Da es sich bei allen diesen Punkten ferner fast immer um Spezialfragen eines eng umgrenzten Gebietes handelt, so gehört ihre Behandlung naturgemäß auch gar nicht vor den großen Kreis der Jahresversammlung, sondern vielmehr vor das kleine Gremium der eigentlichen Fachgenossen, die einmal über die Frage viel schneller zu orientieren sind, andererseits aber auch viel leichter in ihren Beschlüssen zu einem Abschluß kommen.

So ergab sich für die Behandlung von Spezialfragen von selbst die Notwendigkeit der Errichtung kleiner Ausschüsse, und es hätte sich jetzt vielleicht noch der eine Weg besprechen lassen können, zur Belebung des inneren Gesellschaftslebens diese Ausschüsse örtlich zusammenzusetzen, vielleicht mit tunlichster Berücksichtigung der am Ort ansässigen Industrie, der wissenschaftlichen Institute und der sonstigen örtlichen Einrichtungen, die die betreffende Stadt gerade für das in Frage kommende Gebiet besonders geeignet macht. Man hätte also z. B. daran denken können, eine Ortsgruppe in Göttingen als „Ausschuß für Aerodynamik" zu gründen und ihr alle hierauf bezüglichen Arbeiten zu überweisen, eine Ortsgruppe in Frankfurt als „Ausschuß für Meßwesen" u. dergl. mehr, aber man sieht gleich die schweren Fehler einer derart getroffenen Einrichtung. Diese Organisation ist nämlich nicht in der Lage, sämtliche Fachleute des betreffenden Gebietes zusammenzufassen, und das ist ja gerade das von uns angestrebte Ziel! Daher ist auch die Organisation der Ausschüsse so lose, so flüssig wie irgend möglich geschaffen. Ergibt sich auf irgend einem Gebiet der Wunsch, einige Fragen in einem Sondersausschuß zu besprechen, so wird vom Vorstand und Wissenschaftlich-Technischen Ausschuß zunächst geprüft, ob das betreffende Gebiet nicht von einem bereits bestehenden Ausschuß mit bearbeitet werden kann. Im verneinenden Fall wird der Ausschuß zunächst aus den in Betracht kommenden Mitgliedern unserer Gesellschaft errichtet, er wählt sich seinen Obmann, kooptiert dann die Fachleute, deren Mitarbeit ihm von Wert erscheint, und tritt in nach Bedarf festgesetzten Sitzungen fofort in seine Arbeit ein. Die kooptierten Fachleute haben innerhalb des Ausschusses die gleichen Rechte wie die Mitglieder der Gesellschaft, während sie innerhalb der Gesellschaft weder mit Rechten noch mit Pflichten in die Erscheinung treten. Natürlich ist es schon wegen der ganzen Zusammenarbeit, der Übersendung aller Veröffentlichungen und dergl. mehr außerordentlich erwünscht, wenn die kooptierten Herren später auch Mitglieder unserer Gesellschaft werden, schon um diese immer mehr erstarken zu lassen zur besseren Erfüllung ihrer hohen Ziele. —

Die Obmänner der Ausschüsse können an allen Sitzungen des Gesamtvorstandes teilnehmen, um hier die Wünsche ihrer Ausschüsse vorzutragen und zu vertreten, eine Einrichtung, die sich als sehr zweckmäßig und zeitersparend erwiesen hat. Sind die Arbeiten erledigt, so löst sich der Ausschuß wieder auf.

Wie nun vorhin bereits kurz erwähnt, hat sich die Einrichtung unserer Ausschüsse bewährt, mehr und mehr spielt sich in ihnen die große Arbeitstätigkeit unserer Gesellschaft ab, zumal die Reichs- und Landesbehörden sowie die sonst in Frage kommenden staatlich und privat geleiteten Institute und Einrichtungen in Anerkennung der geleisteten Arbeit sich nicht nur durch die Entsendung von Kommissaren über den Fortgang der Arbeiten berichten lassen, sondern sehr eifrig sich an der Mitarbeit beteiligen und gerade durch das bei ihnen gesammelte Erfahrungsmaterial häufig erst die eigentliche Förderung der Arbeiten hervorrufen.

In Anbetracht dieser vielseitig geleisteten Arbeit und um die Häufigkeit der Sitzungen der Ausschüsse in keinerWeise einzuschränken, hat denn auch derVorstand jährlich die Summe von 3000 M. ausgesetzt zur Vergütung der Reiseauslagen für Auschußsitzungen (Fahrgeld II. Klasse und 3 M. für Zu- und Abgang zum Bahnhof),

mit Ausnahme der Sitzungen, die gelegentlich der Mitglieder-Jahresversammlung stattfinden, um so den vielen lediglich aus Interesse an der Sache ehrenamtlich mitarbeitenden Fachgenossen wenigstens die reinen Fahrauslagen zurückzuerstatten. Zunächst werden die erforderlichen Mittel der uns seinerzeit überwiesenen Summe aus der National-Flugspende entnommen; da die meisten Arbeiten aber im allgemeinen Interesse bzw. unmittelbar für die Behörden geleistet werden, so besteht begründete Ausssicht, in Bälde einen Zuschuß von den in Betracht kommenden Behörden zu erhalten, aus dem dann auch die obigen Summen bestritten werden können.

Mit Rücksicht auf die vielseitige Tätigkeit, die gerade innerhalb der Ausschüsse entfaltet wird, ist in Mitgliederkreisen sowohl als auch von vielen anderen Seiten der Wunsch geäußert worden, über diese Tätigkeit, in die bisher nur die Ausschuß-Mitglieder einen Einblick erhielten, etwas Näheres zu erfahren, und es ist daher der Versuch gemacht, eingehende Berichte im Jahrbuch zu veröffentlichen. Es ist in Aussicht genommen, falls sich diese Einrichtung bewährt, diese Berichte der Ausschüsse jetzt ständig im Jahrbuch zu bringen und — falls es sich um abgeschlossene Arbeiten handelt — sie als Sonderdrucke anzufertigen, um sie auf diese Weise der Fachwelt noch leichter zugänglich zu machen.

Bevor jetzt die einzelnen Berichte folgen, sei generell zusammengefaßt, daß der Wissenschaftlich-Technische Ausschuß bis 1. Mai 1914 4 Sitzungen, und zwar am 14. Juli 1912; 16. März, 21. Dezember 1913; 26. April 1914 abgehalten hat, der Ausschuß zur Beurteilung von Erfindungen 1 Sitzung am 16. März 1913; dessen Arbeitsausschuß jedoch 12 Sitzungen, und zwar am 25. April 1912; 19. und 25. Juli, 19. Sept., 18. Okt., 1. Novemb., 2. und 20. Dezember 1913; 9. Januar, 7. Febr. und 16. März 1914 — der Ausschuß für literarische Auskünfte und Literatur-Zusammenstellung 2 Sitzungen: am 16. März und 19. Okt. 1913 — der Ausschuß für Motoren 4 Sitzungen: am 16. März, 19. Okt. und 21. Dez. 1913 sowie am 26. April 1914; eine engere Kommission dieses Ausschusses, zur Aufstellung von Normen für die Untersuchung von Luftfahrtmotoren tagte zwischendurch noch am 21. Mai 1913 — der Ausschuß für konstruktive Fragen der Luftfahrzeuge mit besonderer Berücksichtigung der Sicherheitsvorschriften hat 2 Sitzungen abgehalten am 16. März und 21. Dezember 1913, die aus dem letztgenannten Ausschuß gebildete Kommission für Festigkeitsberechnungen tagte bis zu dem angegebenen Zeitpunkt 2 mal: am 19. März und 26. April 1914, der Ausschuß für medizinische und psychologische Fragen 5 mal: am 24. Nov. 1912; 16. März, 4. Juni, 21. Dezemb. 1913 und 26. April 1914 — der Ausschuß für Vereinheitlichung der Fachsprache hielt 2 Sitzungen ab: am 16. März und 21. Dezemb. 1913 — der Ausschuß für Aerologie eine, und zwar am 16. März 1913 — der Ausschuß für elektrostatische Fragen 3 Sitzungen: am 16. März und 7. Juni 1913 und 23. Jan. 1914 — der Ausschuß für Drahtlose Telegraphie 5 Sitzungen: am 19. Okt., 21. Dezbr. 1913; 23. und 24. Jan. und 26. April 1914 — die Kommission für ein Preisausschreiben für Geschwindigkeits- und Beschleunigungsmesser 2 Sitzungen: am 17. März und 26. Mai 1913 — und schließlich hielt der Ausschuß für Navigierung seine konstituierende Sitzung am 26. April 1914 ab.

Der Geschäftsführer: Béjeuhr.

Die Tätigkeit der Geschäftsstelle.

Wenn auch im eigentlichen nicht zu den Ausschüssen gehörig, so möge doch kurz über die Geschäftsstelle berichtet werden, weil sich hierdurch vielleicht am besten die außerordentliche Ausdehnung der Arbeiten charakterisieren läßt, von der Zeit der Errichtung der Gesellschaft bis jetzt.

Der provisorische Arbeitsausschuß unter dem Vorsitz Sr. Kgl. Hoheit des Prinzen Heinrich von Preußen im Juli 1912 gab dem Geschäftsführer für die Arbeiten der Geschäftsstelle eine Schreibkraft für täglich 2 Stunden; doch schon Anfang 1913 mußte eine ständige Schreibkraft angestellt werden, hatte die Geschäftsstelle doch schon etwa 1300 Eingänge und 2200 Ausgänge jährlich zu bearbeiten.

Nach Übernahme der Prüfung der Erfindungsgesuche für die National-Flugspende und die Reichs- und Landesbehörden wuchsen die Arbeiten erheblich an, besonders die Sprechstunden wurden von verschiedenen Stellen recht in Anspruch genommen, so daß sich das Engagement einer Sekretärin als notwendig herausstellte. Neben dem Geschäftsführer erledigen demnach jetzt eine Sekretärin, eine Schreibdame und eine Hilfskraft die Arbeiten.

Die Zahl der Eingänge (außer den reinen Erfinder-Angelegenheiten) ist auf jährlich 3400 angewachsen, ihnen stehen 5400 Ausgänge (einschließlich der Drucksachen, jedoch ohne die Massenversendungen an die Mitglieder) gegenüber, abgesehen davon, daß innerhalb Berlins für viele Versendungen ein Botenverkehr eingerichtet ist, der sich gut bewährt hat.

Es darf zum Schluß darauf hingewiesen werden, daß die geschilderte Arbeitsleistung zum größten Teil im öffentlichen Interesse geschieht, während die Tätigkeit lediglich für die Mitglieder verschwindend klein dagegen ist.

Der Geschäftsführer: Béjeuhr.

Bericht über die Sitzungen des W. T. A.

Von

Professor Dr. **von Parseval.**

Der Wissenschaftlich-Technische Ausschuß nahm bei seinen Sitzungen die Berichte der Unterausschüsse entgegen und stellte die Tagesordnungen der Versammlungen vom 27. und 28. April 1914 fest. Die einzelnen Beschlüsse folgen anliegend nachstehend.

Sitzung vom 21. 12. 13.

Der W. T. A. hörte die Berichte der Unterausschüsse. Er hat folgende Beschlüsse gefaßt:

1. Auf Antrag des Ausschusses für konstruktive Fragen, daß eine ständige Wertungskommission der W. G. F. zu den Beratungen zwecks Aufstellung von Wertungsformeln gutachtlich gehört werde.

2. Daß die Mitglieder dieser Kommission zu allen Flugveranstaltungen des Deutschen Luftfahrer-Verbandes offiziell zugelassen werden.
3. Daß der Kommission alle Wettbewerbergebnisse zum Zwecke der wissenschaftlichen Wertung zugängig gemacht werden.
4. Auf Antrag des Ausschusses für medizinische und psychologische Angelegenheiten, daß beim Deutschen Luftfahrer-Verbande die Genehmigung nachzusuchen sei, daß einige von der W. G. F. zu benennende Ärzte Generalerlaubnis erhalten, die dem Deutschen Luftfahrer-Verbande unterstellten Flugplätze zu betreten.
5. Ein Gesuch bei der zuständigen Stelle einzubringen, daß die Bataillonsärzte ermächtigt werden, nach aufzustellenden Fragebogen die Untersuchung von Fliegern vor und nach ihrer Berufstätigkeit vorzunehmen.
6. Ein Merkblatt mit gesundheitlichen Regeln für die Teilnehmer großer Flugwettbewerbe in Druck zu geben und zu verteilen.
7. Den Vorstand der Gesellschaft zu ersuchen, an die Flugplätze Darmstadt, Frankfurt a. M., Hamburg und Köln heranzutreten mit der Bitte, Ruheplätze für die Flieger zu erstellen und für den Delegierten der W. G. F. Herrn Professor Dr. Friedländer die Erlaubnis zu vermitteln, eine Untersuchung der Flieger vorzunehmen, soweit letztere selbst damit einverstanden sind.
8. Auf Antrag des Unterausschusses für Fachsprache beschließt der W. T. A., die W. G. F. möge beim Reichsamt des Innern vorstellig werden, daß in dem in Vorbereitung befindlichen Gesetzentwurf über Luftverkehr die Ausdrücke Typ usw. vermieden und durch geeignete deutsche Ausdrücke: Baumuster (Muster), Musterstück für Prototyp, Musterabnahme für Typenabnahme usw. ersetzt werden.
9. Der W. T. A. stellt die Tagesordnung für die Hauptversammlung am 27. und 28. April 1914 fest.

Sitzung vom 16. 3. 1914, $4^1/_2$ Uhr nachm.

1. Es wird beschlossen auf Antrag des Herrn Geheimrats von Böttinger, sämtliche Berichte der Unterausschüsse den Mitgliedern des Gesamtvorstandes und des W. T. A. zur Kenntnis zu bringen.
2. Der W. T. A. bringt die Tagesordnung für die Hauptversammlung zum Abschluß.
3. Es wird beschlossen:

   Grundsätzlich sollen auf ordentlichen Mitgliederversammlungen keine Vorträge über Erfindungen gehalten werden, die noch nicht erprobt sind; es soll von Fall zu Fall entschieden werden, ob in besonderen Fällen von diesem Grundsatz abgewichen werden darf.

   Die Entscheidung liegt zunächst dem Ausschuß a ob, der gegebenenfalls den Vortrag befürwortend an den W. T. A. überweisen kann.

Bericht des Prüfungsausschusses zur Beurteilung von Erfindungen.

α) Überblick über die Tätigkeit.

Vom

Geschäftsführer **Béjeuhr.**

Als ein sehr wichtiger Ausschuß stellte sich von der Gründung der Gesellschaft an der Unterausschuß zur Beurteilung von Erfindungen heraus. Durch seine Arbeiten werden eine Menge unnützer Arbeiten gespart werden, weil erfahrungsgemäß die Erfinder ihre Gedankengänge stets mehreren, ihnen gerade bekannten Fachleuten gleichzeitig zusenden, die jetzt in der Lage sind, eine Beurteilung mit Hinweis auf den bestehenden Prüfungsausschuß abzulehnen. So geht denn auch dem Prüfungsausschuß sehr häufig dieselbe Erfindung in mehrfacher Ausfertigung von den verschiedensten Stellen zu; die Beurteilung braucht jedoch nur einmal vorgenommen zu werden, so daß die mehrfache Beurteilung derselben Erfindung durch verschiedene Einzelpersonen jetzt durch die gemeinsame Tätigkeit der im Erfindungsausschuß zusammengeschlossenen Fachleute glücklich vermieden wird.

Gingen schon gleich nach Bekanntgabe der Errichtung dieses Ausschusses eine große Anzahl von Erfindungen zur Beurteilung bei der Gesellschaft ein, so veränderte sich dieses Bild noch ganz erheblich dadurch, daß auf Grund verschiedener Vorverhandlungen, besonders durch den Vorsitzenden der Gesellschaft, Herrn Geheimen Regierungsrat Dr. von Böttinger, Mitglied des Herrenhauses, Elberfeld, mit dem Kurator der National-Flugspende, Herrn Geheimen Oberregierungsrat Albert aus dem Reichsamt des Innern und verschiedenen Behörden am 4. Februar 1913 ein Abkommen zwischen der National-Flugspende und der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik zustande kam, nach welchem die Gesellschaft bis zum 31. Dezember 1917 die Verpflichtung übernahm, sämtliche ihr von der Geschäftsstelle der National-Flugspende sowie den Reichs- und Landesbehörden überwiesenen Erfindungsgesuche zu prüfen und zu begutachten.

Der Geschäftsgang für die eingehenden Erfindungen ist folgender:

Die eingehenden Gesuche werden zunächst von den beiden Vorprüfern, dem Geschäftsführer Béjeuhr und Herrn Diplom-Ingenieur Dr. Quittner, und zwar von jedem Herrn gesondert vorgeprüft und mit einem schriftlichen Vermerk über Inhalt und Wert versehen. Sie gelangen dann an die Obmänner des Ausschusses, Herrn Prof. Dr. von Parseval und Se. Magnifizenz Herrn Prof. Romberg, die ebenfalls einen schriftlichen Vermerk über den Wert der Erfindung abgeben. Ist aus diesen schriftlichen Vermerken, die in einer gemeinsamen Sitzung noch durch mündliche Referate ergänzt werden, schon ein abschließendes Urteil über die Erfindung zu fällen, so wird in der gemeinsamen Sitzung der Entscheid festgelegt. Stellt es sich als notwendig heraus, Spezialfachleute über die Erfindung zu hören, so zirkuliert sie weiter bei den entsprechenden Mitgliedern des Ausschusses. Erst

nach Eingang sämtlicher Gutachten wird dann in einer größeren Plenarsitzung das Schlußurteil über die Erfindung gefällt.

Bei allen der Gesellschaft zur direkten Erledigung überwiesenen Erfindungsgesuchen wird dem Einsender, im Falle eine Befürwortung der Erfindung bei den maßgebenden Stellen nicht angebracht erscheint, der Tenor des gefällten Entscheides bekanntgegeben, während die ausführlichen Gutachten bei den Akten bleiben und nur den Behörden bzw. der National-Flugspende zur Einsicht zur Verfügung stehen.

In allen Fällen, in welchen eine Befürwortung vorgenommen wird, bzw. bei den Gesuchen, die der Gesellschaft lediglich zur Berichterstattung überwiesen sind, wird das Gesuch mit einem ausführlichen Gutachten der betreffenden Stelle zurückgegeben.

Bevor auf die bisher erledigten Erfindungen zahlenmäßig eingegangen werden soll, möge hervorgehoben werden, daß die Korrespondenz in Erfindungsangelegenheiten ganz außerordentlich gewachsen ist. Die seit Inkrafttreten der oben erwähnten Vereinbarung bis zum 1. Mai 1914 eingelaufenen Erfindungen haben die Zahl von 1500 nur unwesentlich überschritten. Die Korrespondenz, die sich auf Voranfragen, auf Rückfragen, auf Erbittung genauen Materials, auf die Beantwortung nebensächlicher Fragen usw. bezieht, hat jedoch die Zahl von etwa 6000 Eingängen bereits erreicht, was die notwendigen Schreibarbeiten wohl am besten illustriert. Auch die mannigfachen persönlichen Rückfragen vieler Erfinder, die durchschnittlich 3 Besuche täglich ausmachen, sind eine erhebliche Belastung der Geschäftsstelle.

Was die bearbeiteten Erfindungsgesuche anbetrifft, so sind auf dem Gebiete des Freiballons durch die National-Flugspende 20 eingegangen, ohne daß jedoch eine Befürwortung zur Unterstützung erfolgen konnte.

Auf dem Gebiet des Luftschiffbaues sind von der National-Flugspende 28, vom Kriegsministerium 10, durch den Prinzen Heinrich 8 und direkt 18 Gesuche eingegangen, von denen ebenfalls keines zur Unterstützung befürwortet werden konnte.

Auf Konstruktionsänderungen am Flugzeug bezogen sich von der National-Flugspende 223 Einsendungen, vom Kriegsministerium 36, vom Prinzen Heinrich 4, vom Reichsamt des Innern 4, durch Vermittlung städtischer Behörden, Luftfahrvereine usw. 50, während sich 55 direkt an die Gesellschaft wandten. Zur Unterstützung befürwortet konnten von allen diesen Erfindungen bei der National-Flugspende nur 2 werden, bei den übrigen Stellen 6.

Auf dem Gebiete der Schrauben- und Schwingenflugzeuge wurden durch die National-Flugspende 40 übersandt, vom Kriegsministerium 25, durch den Prinzen Heinrich 8, von sonstigen staatlichen und städtischen Behörden 25, direkt an die Gesellschaft wandten sich in dieser Angelegenheit 25 Erfinder. Von allen diesen Erfindungen konnte keine zur Unterstützung befürwortet werden.

Stabilisierungsvorschläge wurden durch die National-Flugspende 60 übersendet, durch das Kriegsministerium 30, durch den Prinzen Heinrich 2, von den übrigen Behörden 8, direkt wandten sich her 40. Von diesen Gesuchen wurden 1 bei der National-Flugspende, 3 bei den übrigen Stellen befürwortet.

Auf Motoren und Propeller bezogen sich 50 Eingänge durch die National-Flugspende, 20 durch das Kriegsministerium, 10 durch den Prinzen Heinrich. 20 gingen von den übrigen Behörden ein, und 35 wandten sich direkt her. Es konnte auch bei diesen Erfindungen nur eine Befürwortung bei der National-Flugspende eingeleitet werden, weiter sind keinerlei Empfehlungen zur Unterstützung bei den maßgebenden Behörden vorgenommen worden; jedoch erfolgten wie auch in den vorerwähnten Klassen mehrere, zum Teil erfolgreiche Verweisungen an die Industrie.

Das Gebiet der Fallschirmkonstruktion ist namentlich nach den erfolgreichen Versuchen in Frankreich sehr reichlich vertreten. So sind durch die National-Flugspende 45, durch das Kriegsministerium 25, den Prinzen Heinrich 12, von dritter Seite 18, direkt 39 eingegangen. Auch in diesen Fällen konnte keinerlei Befürwortung vorgenommen werden.

Auf Kombinationen von Luftschiffen und Flugzeugen bezogen sich 20 Erfindungsgesuche der National-Flugspende, 19 des Kriegsministeriums, 13 von den übrigen Behörden usw. und 22 direkte. Auch für diese Erfindungen wurde keinerlei Befürwortung vorgenommen.

Auf verschiedene Gegenstände bezogen sich 56 Erfindungseinsendungen der National-Flugspende, 38 des Kriegsministeriums, 6 des Prinzen Heinrich, 28 von dritter Seite und 26 direkte, bei welchen ebenfalls keinerlei Befürwortung erfolgte.

Etwa 250 Anfragen mußten wegen mangelnder Unterlagen zurückgegeben werden. Ferner sind noch 9 Gesuche von Behörden eingereicht, die sich auf Gesuche von Konstrukteuren zur Erlangung der erleichterten Prüfungsbedingungen zum Einjährig-Freiwilligen-Dienst bezogen gemäß § 89 Ziffer 6 der Wehrordnung. Während 4 von diesen Gesuchen als nicht genügend zurückgewiesen werden mußten, konnten die übrigen befürwortet werden; ein Gesuch wird zurzeit noch bearbeitet.

Unter den durch das Kriegsministerium eingereichten Gesuchen befanden sich 65 Immediatgesuche an Seine Majestät den Kaiser bzw. urschriftlich zurückgehende Gesuche, die wie Immediatgesuche zu behandeln waren.

Betreffs der großen Zahl der von der National-Flugspende eingegangenen Erfindungsgesuche bzw. der von anderer Stelle eingerechten Gesuche, die ebenfalls eine Unterstützung von der National-Flugspende erwarteten, und den außerordentlichen geringen Zahlen der befürwortend weitergegebenen Gesuche sei auf die Grundsätze verwiesen, welche die Prüfungskommission in ihrer Plenarsitzung festgelegt hat. Nach diesen Grundsätzen hält es die Kommission für richtig, die aus Volksmitteln errichtete National-Flugspende und die vom Kuratorium derselben für die Unterstützung von Erfindungsgesuchen bereitzustellenden Mittel nicht mit kleinen Beträgen zu verzetteln, denn erfahrungsgemäß ist bei dem heutigen Stand der Luftfahrttechnik eine neue Idee nur mit großen Summen technisch so zu vervollkommnen, daß die Industrie aus ihr Nutzen ziehen kann. Infolgedessen sind alle Gesuche, die sich etwa auf Bereitstellung eines Motors oder sonstiger Einzelheiten für ein sonst von normalen Konstruktionen wenig abweichendes Flugzeug bezogen, nicht befürwortet worden.

β. Kritischer Bericht.

Von
Professor Dr. von Parseval.

Sachlich ist zu bemerken: Die weitaus größte Zahl der Erfindungen rührte von Leuten her, welche nicht über die erforderliche Vorbildung verfügten und oft auch nicht über den Stand der Technik unterrichtet waren.

Zumeist wurde das Schwergewicht auf komplizierte mechanische Vorrichtungen gelegt, die schon aus Gewichtsrücksichten unausführbar bleiben mußten.

Besonders war dies der Fall auf dem Gebiete des Luftschiffbaues und auf dem Gebiete der Schrauben- und Schwingen-Flugzeuge.

Die Stabilisierungsvorschläge erstreckten sich namentlich auf das Pendel. Da die Kommission diese Vorschläge ausnahmslos ablehnte, so sei eine kurze Begründung dieses Votums angeführt:

Die sogenannten Pendelregulatoren beabsichtigen durch ein im Flugzeug aufgehängtes Pendel die horizontale Lage zu regeln, indem sie annehmen, das Pendel werde im Fluge vertikal bleiben. Es soll entweder ein Steuer direkt oder einen Servomotor beeinflussen.

Daher soll untersucht werden, welche Gleichgewichtslage ein frei hängendes Pendel im Fluge einnimmt.

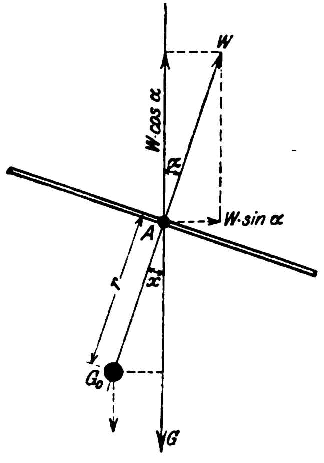


Fig. 1.

Auf das Flugzeug wirken das gesamte Eigengewicht G und der Luftwiderstand W, der nach Lage und Größe bekannt vorausgesetzt wird. Er möge durch den Systemschwerpunkt gehen, so daß Drehungen des Flugzeuges nicht erzeugt werden. Wir suchen nun die Gleichgewichtslage des Pendels, indem wir den Winkel x bestimmen, den es zur Vertikalen einnimmt.

Der Luftwiderstand W habe zur Vertikalen die Neigung α, so hat man eine vertikale Komponente $W \cdot \cos\alpha$ und eine horizontale Komponente $W \cdot \sin\alpha$. Es wirken somit auf den Apparat die Kräfte $(W \cdot \cos\alpha - G)$ in vertikaler und $W \cdot \sin\alpha$ in horizontaler Richtung. Die zugehörigen Beschleunigungen sind

$$\frac{(W \cdot \cos\alpha - G)\,g}{G} \quad \text{und} \quad \frac{W \cdot \sin\alpha \cdot g}{G}$$

Diese Beschleunigungen wirken auf den Aufhängepunkt A des Pendels und veranlassen dasselbe, aus der Vertikalen abzuweichen, indem sich im Schwerpunkt des Pendels eine gleiche und entgegengesetzt gerichtete Reaktion einstellt.

Diese Reaktionskräfte werden gefunden, indem man die oben angegebenen Beschleunigung mit der Masse des Pendels m_p multipliziert. Außerdem wirkt noch auf das Pendel dessen Eigengewicht G_p. Um die Momente dieser Kräfte auf das Pendel zu finden, müssen wir sie mit ihren Hebelarmen $r \cdot \sin x$, $r \cdot \cos x$

und r sin x multiplizieren, wobei r den Abstand des Pendel-Schwerpunktes vom Aufhängepunkt des Pendels bedeutet. Wir haben also
das Moment der vertikalen Kraft

$$M_v = \frac{-(W \cdot \cos\alpha - G)}{G} \cdot g \cdot m_p \cdot r \cdot \sin x,$$

das Moment der horizontalen Kraft

$$M_p = \frac{W \cdot \sin\alpha}{G} \cdot g \cdot m_p \cdot r \cdot \cos x,$$

das Moment des Gewichtes

$$M_G = - G_p \cdot r \cdot \sin x.$$

Hierbei sind diejenigen Momente negativ genommen, welche den Winkel x verkleinern. Dies ist bei dem Moment der vertikalen Kraft dann der Fall, wenn die Hebekraft der Fläche $W \cdot \cos\alpha$ größer ist als das Gewicht. Das scheinbare Gewicht des Pendels wird dadurch vergrößert und das Pendel gegen die Vertikale gezogen. Das Moment der Seitenkräfte ist positiv, das Gewichtsmoment negativ. Im Gleichgewichtszustand ist die Summe dieser drei Momente gleich Null. Addiert man sie und setzt ihre Summe = 0, so folgt, wenn man beachtet, daß

$$m_p \cdot g = G_p$$

ist:

$$\cos\alpha \cdot \sin x = \sin\alpha \cdot \cos x$$

woraus

$$\alpha = x.$$

Das Pendel hat also die merkwürdige Eigenschaft, daß es sich in die Richtung des jeweiligen Luftwiderstandes einzustellen strebt. Diese Tatsache ist von keinem Erfinder richtig hervorgehoben. Hieraus folgt aber, daß das Pendel gerade dasjenige nicht leistet, was die Erfinder damit beabsichtigen, nämlich eine starke Wirkung im ersten Moment einer Störung, weil namentlich beim Aufbäumen des Flugzeuges das Pendel infolge der Trägheitswirkung nach vorn mit herumgeht.

Eher könnten Pendel-Regulatoren zur Abschwächung von Kopfstürzen gebraucht werden. Doch nimmt in solchen Momenten starker Fallbeschleunigung die Intensität der Pendelwirkung stark ab. Außerdem sind es in solchen Fällen oft die falsche Dimensionierung des Flugzeuges oder der in Folge zu großer Geschwindigkeit eintretende Flügelbruch, welche die Wirkung von Pendelapparaten illusorisch machen.

Ein zweites Gebiet sind die Fallschirmkonstruktionen. Das selbsttätige Öffnen der Schirme war Gegenstand vieler Erfindungen, oft recht komplizierter. Die Kommission wurde nicht überzeugt, daß es möglich ist, einen Sicherheits-Apparat zu konstruieren, der vollkommen handlich, betriebssicher, leicht und dabei genügend wirksam ist. Fallschirme für Personen müssen auf 3 kg einen Quadratmeter Fläche haben. Für größere Lasten ergeben sich ganz unhandliche Dimensionen.

Bei den Vorschlägen zur Verbesserung der Flugzeuge muß in besonders hohem Maße die Forderung nach Einfachheit, Solidität und Gewichtsersparnis

gestellt werden. Eine ganze Menge Möglichkeiten scheiden dadurch von vornherein aus. Beweglichen Flugzeugflächen, Klappen, die sich in bestimmten Momenten aufrichten oder schließen sollen und ähnlichem ist ein gesundes Mißtrauen entgegenzusetzen.

Im allgemeinen wird die Prüfung von Erfindungen sehr oft dadurch wesentlich erleichtert, daß man sich die Frage vorlegt, ob im günstigsten Falle die Erfindung eine wesentlich bessere Leistung verspricht, als die vorhandenen Flugzeuge und Motoren haben.

Diese Frage war stets dann unbedingt zu verneinen, wenn eine erhebliche Gewichtsvermehrung mit der Einrichtung verbunden war.

Wiederholt kam es vor, daß Erfindungen auf unbewiesene Formeln oder Behauptungen gestützt waren. Auch befanden sich zwei „Perpetuum mobile" darunter.

Im allgemeinen war das Ergebnis nicht befriedigend. Man kann sagen, daß für die Flugtechnik die Zeit der empirischen Erfindungen vorüber ist, und daß die weitere Ausbildung nur durch wissenschaftlich gebildete Konstrukteure gefördert werden kann. Laien haben in diesem Konkurrenzkampf keine Aussicht mehr auf Erfolg!

Bericht über die Tätigkeit des Unterausschusses für literarische Auskünfte und Literaturzusammenstellung.

Von

Prof. Dr.-Ing. **Bendemann** - Adlershof.

Die Arbeiten des Unterausschusses b wurden leider dadurch unterbrochen, daß der Obmann, Herr Marinebaumeister Pietzker, durch das Unglück des Luftschiffes „L 2" seinem vielseitigen und fruchtbaren Wirken plötzlich entrissen wurde.

Die Vorarbeiten für die geplante Herausgabe einer periodisch erscheinenden Literaturzusammenstellung mit Besprechungen durch Fachleute schienen bereits dem Abschluß nahe. Auf Grund eines Verlagsangebotes des Institutes für Technobibliographie sollten die Literaturauszüge in monatlichen Heften im Umfang von je einem Druckbogen zum Jahrespreise von 3 M. bei Mindestzahl von 500 Abnehmern geliefert und der Gesellschaft für die Redaktion ein Honorar von 100 M. für jedes Heft vergütet werden. Im Haushaltsplan für 1913/14 waren demgemäß schon 1200 M. in Einnahme und Ausgabe, und ferner als Ausgabe der Abonnementsbetrag für 450 Mitglieder zu je 3 M., also 1350 M. vorgesehen. Bei diesem Plan war vorausgesetzt, daß die Literaturauszüge selbst unentgeltlich von Vereinsmitgliedern geliefert würden, auf welche die Zeitschriften usw. in geeigneter Weise verteilt werden sollten. Leider zeigte es sich dann aber, daß auf die von der Geschäftsstelle erlassene Umfrage nicht die genügende Anzahl von Zusagen für die Übernahme dieser Arbeit eingingen. Die Ausführung des Planes hat sich deshalb bisher herausgezogen und es scheint, daß man auf diesem Wege überhaupt nicht zum Ziele kommt.

Ende 1913 ist dem Unterzeichneten das Amt des Obmannes durch den Vorstand übertragen worden. Bei der nächsten Tagung der Gesellschaft wird zu erörtern sein, ob sich mit Hilfe einer ausgiebigen Mitarbeit der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt der Plan ungefähr in dem obigen Rahmen wird durchführen lassen.

Bericht über die Tätigkeit des Unterausschusses für Motoren.
(Juli 1912 bis 1. April 1914.)

Von

Professor **F. Romberg**-Charlottenburg.

Mit der ersten Schaffung von Unterausschüssen der W. G. F., unmittelbar nach ihrer Gründung, ist auch der Unterausschuß für Motoren entstanden. Er zählt jetzt rund $1^1/_2$ Jahre. Seine Bildung folgte als selbstverständlich aus der Überzeugung, daß ein wichtiger Teil der Entwicklung der Flugtechnik dauernd dem Motor zukommen werde, und daß hierbei die wissenschaftliche Mitarbeit unserer Gesellschaft ohne Zweifel erwünscht erscheine. Aber nicht nur die Wissenschaft, sondern auch die ausführende Praxis mußte alsbald an dieser Arbeit teilnehmen. Sonst wäre ein Erfolg einfach undenkbar gewesen. Und so ergab sich die gleichmäßige Zusammensetzung des Ausschusses aus Vertretern von Industrie und Wissenschaft als eine natürliche Forderung. Ihr wurde auch in der Tat sogleich entsprochen.

Den Vorsitz des neugegründeten Ausschusses übernahm Professor Wagener von der Technischen Hochschule Danzig. Niemand konnte für dieses Amt geeigneter sein. Ein Mann von reicher praktischer Erfahrung auf dem Gebiet des Motorenbaus hatte er zugleich durch seine Lehr- und Forschungstätigkeit seine wissenschaftliche Befähigung längst erwiesen. Leider aber ließ ein herbes Geschick Wageners Schaffen für die Gesellschaft nicht zur vollen Entfaltung kommen. Zunehmendes Leiden zwang den Arbeitsfreudigen, Unermüdlichen schon bald zu von ihm selbst bitter empfundener Schonung. Am 30. Juni 1913, nach nur $^3/_4$ jährigem Wirken in unserer Mitte, raffte der Tod ihn in der Vollkraft der Jahre hinweg. Die Gesellschaft und ihr Vorstand waren damit eines hochgeschätzten Mitglieds, der Unterausschuß für Motoren seines ersten Obmannes beraubt.

Seit Wageners Tod hat der Verfasser dieses Berichts die Ehre, den Unterausschuß zu leiten, nachdem er schon vorher zeitweilig die Vertretung geführt hatte.

Über unsere bisherige Tätigkeit sei mir gestattet im folgenden kurz zu berichten.

Einer Anregung Wageners verdanken wir die erste große Aufgabe für unsere Arbeit:

die Aufstellung von „Normen für die Prüfung von Luftfahrtmotoren".

Zur Begründung dieses Gedankens sagt Wagener in seinem ersten Rundschreiben vom 9. November 1912: „Es scheint erwünscht zu sein, in eine Beratung darüber einzutreten, ob sich der Versuch empfehlen dürfte, bestimmte Hauptrichtungslinien für die Prüfung von Luftfahrtmotoren festzulegen. Normen, wie sie beispielsweise seitens des Vereins Deutscher Ingenieure für die Untersuchung von Dampfmaschinen und Gasmaschinen aufgestellt worden sind, können hinsichtlich ihrer Berechtigung und Brauchbarkeit verschieden beurteilt werden. Doch ist ihnen auf jeden Fall der nicht geringe Vorzug beizumessen, daß dem Prüfer, der sie in vollem Umfange oder größtenteils zur Grundlage seiner Untersuchung macht, die Berichterstattung ganz erheblich vereinfacht wird.

„Solche Normen für die Prüfung von Luftfahrtmotoren in allernächster Zeit schaffen zu wollen, wäre m. E. verfrüht, doch könnten die erst zu erledigenden Vorarbeiten schon bald, etwa nach Beendigung des Wettbewerbes um den Kaiserpreis (1912) für den besten deutschen Flugzeugmotor, in Angriff genommen werden."

Anschließend machte Wagener bereits Vorschläge über die für die Aufstellung solcher Normen im einzelnen zu beratenden Punkte. In seinem Schreiben vom März 1913 ergänzte er diese Zusammenstellung um die Anregungen, welche ihm auf sein Ansuchen von Mitgliedern des Unterausschusses übermittelt worden waren. Er fügte ferner hinzu:

„Wenn dahin gestrebt wird, Hauptrichtungslinien für die Untersuchung von Luftfahrtmotoren festzulegen, so kann das m. E. nur in dem Sinne von Bedeutung sein, daß dabei an die Untersuchung gegebener Motoren gedacht ist. Für die Untersuchung im weitesten Sinne, die alle Arten praktischer Erprobung und wissenschaftlicher Forschung in selbständigen oder von den Fabriken unterhaltenen Versuchsanstalten umschließt, lassen sich sogenannte Normen nicht aufstellen. Am wenigsten für solche Einzelversuche, deren Methoden noch unvollkommen entwickelt sind oder zu deren Vorführung die als hinreichend erprobt anzusehenden Vorrichtungen und normalen, marktgängigen Geräte nicht ausreichen. Demnach erscheint es zweckmäßig, die in der Zusammenstellung genannten Punkte daraufhin zu prüfen, welche von ihnen vornehmlich für die Aufstellung von Normen in Betracht kommen dürften, und deren Beratung zuerst in Angriff zu nehmen. Die übrigen Punkte würden in der Folge zum Gegenstand der Beratung gemacht werden, aber zweckmäßig erst nach Eingang besonderer Referate, um deren Erstattung die Herren zu bitten wären, von denen die Erörterung dieser Punkte empfohlen worden ist. Erst dann wird sich verläßlich beurteilen lassen, ob alle diese Punkte ebenfalls wie Normen in Erwägung zu ziehen sind, oder ob es sich bei einzelnen von ihnen mehr um Studien- und Forschungsaufgaben handelt, zu deren Bearbeitung die W. G. F. in bestimmter Form anregen soll."

In der Sitzung vom 16. März 1913 billigte der Unterausschuß den Plan seines Obmanns und beschloß, die Arbeiten zur Aufstellung der Normen sogleich zu beginnen.

Wageners Worte, die ich darum vorstehend im Text wiedergab, kennzeichnen klar unser Ziel. Wir müssen uns streng davor hüten, der rastlos fortschreitenden Industrie schädliche Hemmungen für die Entwicklung aufzuerlegen. Wie bei allen solchen Normen muß auch in diesem Falle maßgebend sein, den Lieferanten

vor übertriebenen Forderungen des Abnehmers und diesen wieder vor minderwertiger Ware zu schützen, die dem jeweiligen Stande der Technik nicht angemessen ist. Im Interesse beider Teile soll eine einfache, sichere Grundlage für die praktische Prüfung angestrebt werden. Das ist freilich auf dem vorliegenden Gebiete nicht leicht. Denn die Entwicklung des Flugmotorenbaus konnte bis heute noch nicht zur festen Einheitlichkeit heranreifen, vielmehr ist sie andauernd in lebhafter Gärung, im Fließen begriffen. Erschwert wird die Aufgabe ebenfalls dadurch, daß auch die Prüfungsmittel und -methoden noch nicht durchgängig zur eindeutigen Anpassung an die besonderen Forderungen des Flugbetriebes gelangt sind. Mancherlei Einzelprüfungen gestalten sich im übrigen Maschinenbau einfach. Hier werden sie durch die Eigenart des Flugmotors verwickelt. Sie müssen aus der Reihe der normalen Prüfungen ausscheiden, um entweder ganz fortzufallen oder durch neue geeignetere ersetzt zu werden. Andere Untersuchungen wieder sind heute mit einfachen Mitteln auf dem Versuchsstande nicht durchführbar und müssen unter die schwierigeren Laboratoriumsprüfungen für wissenschaftliche Zwecke verlegt werden. Wieder andere stehen dem normalen Maschinenbau vollständig fern, weil sie für ihn unwesentlich sind. Hier aber werden sie durch die veränderten Betriebsbedingungen von besonderer Wichtigkeit.

Dies alles zu klären, wird unsere Aufgabe sein. Es ist natürlich, daß solche Fragen nicht mit größter Beschleunigung zu erledigen sind. Wir werden in manchem noch die Entwicklung abwarten und mit ihr auch in unserer Tätigkeit fortschreiten müssen. Ich erblicke einen wichtigen Teil des Erfolgs unserer Arbeit nicht nur in der schließlichen Erreichung des Endzieles, sondern einen mindestens ebenso großen in der gründlichen Durcharbeitung der Einzelfragen, welchen wir auf dem Wege dahin begegnen werden. Aus solcher Arbeit dürfen wir für die Zwecke unserer Gesellschaft ansehnlichen Gewinn erwarten. Dieser wird, denke ich, die Mühe lohnen, die wir auf die Arbeit verwenden müssen.

Noch in der Sitzung des Unterausschusses vom März 1913 wurde der Beschluß gefaßt, alsbald eine Zusammenstellung derjenigen Punkte zu entwerfen, welche das Programm der künftigen Beratungen bilden sollten. Man war darin einig, daß hierbei schon nach Möglichkeit praktische Prüfungsvorschläge von Anregungen zu wissenschaftlichen Untersuchungen zu trennen sein würden. Letztere sollten späteren Beratungen vorbehalten bleiben. Mit der Aufstellung des Arbeitsprogramms wurden damals die Berliner Mitglieder des Ausschusses betraut. Diese Sonderkommission nahm die Normen des Vereins Deutscher Ingenieure sinngemäß und soweit möglich zum Vorbild und legte das Ergebnis ihrer Beratungen in folgender Zusammenstellung nieder. Ich bemerke dazu, daß diese Aufstellung für die Teilung der wissenschaftlichen und praktischen Prüfungen noch nicht entscheidend ist, weil die exakte Trennung damals ebensowenig wie heute hinreichend klar zu übersehen war. Vielmehr wird dieser Aufschluß erst aus der begonnenen Behandlung der Einzelfragen allmählich zu gewinnen sein.

Programm der weiteren Beratungen über die Aufstellung von Normen für die Untersuchung von Luftfahrtmotoren.

A. Untersuchungen für gewerbliche Zwecke (Abnahmen, Verträge, Streitverfahren).

I. Prüfungsgegenstände:

a) für Motoren mit nichtrotierenden Zylindern:

1. Indizierte Leistung (ev. auch Versuch bei künstlichem Fahrwind und unter Berücksichtigung von Temperatur, Feuchtigkeit, Druck der Luft);
2. effektive Leistung (ev. auch Versuch bei künstlichem Fahrwind und unter Berücksichtigung von Temperatur, Feuchtigkeit, Druck der Luft);
3. mechanischer Wirkungsgrad;
4. volumetrischer Wirkungsgrad;
5. Brennstoff- und Wärmeverbrauch pro PS-Stunde;
6. Schmierölverbrauch (ev. für Zylinder besonders) und Wärmeaufnahme des Schmieröls;
7. Kühlwasserverbrauch und Wärmeabführung im Kühlwasser;
8. Kraftverbrauch für Ventilation bei luftgekühlten Motoren;
9. Ungleichförmigkeit und Erschütterungen;
10. Einheitsgewicht;
11. Wahl des Brennstoffs und des Schmieröls (welche Norm, wenn nichts vereinbart ist?);
12. Heizwert der Brennstoffe;
13. Zugkraft;
14. Druckprobe der Zylinder;
15. Materialprüfungen.

b) Für Umlaufmotoren:

1. Indizierte Leistung (ev. auch Versuch bei künstlichem Fahrwind und unter Berücksichtigung von Temperatur, Feuchtigkeit, Druck der Luft);
2. effektive Leistung (ev. auch Versuch bei künstlichem Fahrwind und unter Berücksichtigung von Temperatur, Feuchtigkeit, Druck der Luft);
3. mechanischer Wirkungsgrad;
4. volumetrischer Wirkungsgrad;
5. Brennstoff- und Wärmeverbrauch pro PS-Stunde;
6. Schmierölverbrauch (ev. für Zylinder besonders) und Wärmeaufnahme des Schmieröls;
7. Kühlwasserverbrauch und Wärmeabführung im Kühlwasser;
8. Ventilationswiderstand;
9. Ungleichförmigkeit und Erschütterungen;
10. Einheitsgewicht;
11. Wahl des Brennstoffs und des Schmieröls (welche Norm, wenn nichts vereinbart ist?);
12. Heizwert der Brennstoffe;
13. Zugkraft;
14. Druckprobe der Zylinder;
15. Materialprüfungen.

c) Zahl und Dauer der Prüfungen:
1. Vorversuche, Hauptversuche;
2. Zeit der Dauerleistung;
3. „ „ Minimal- und Maximalleistung;
4. Schräglagen;
5. Brennstoff- und Schmierölmessungen;
6. Bestimmung des mechanischen Wirkungsgrades;
7. Indikatorversuche.

II. Maß- und Begriffsbestimmungen:
1. Effektive und indizierte Leistung;
2. mechanischer Wirkungsgrad;
3. Temperatur;
4. Druck;
5. Pferdestärke;
6. Heizwert.

III. Versuchseinrichtungen und Meßmethoden:
1. Einrichtungen für Feststellung der indizierten Leistung;
2. „ „ „ der effektiven Leistung;
3. „ „ „ des Brennstoffverbrauchs;
4. „ „ „ des Schmierölverbrauchs und der Schmierölwärme;
5. „ „ „ des Kühlwasserverbrauchs und der Kühlwasserwärme;
6. „ „ „ des Kraftverbrauchs für Ventilation;
7. „ „ „ des Ventilationswiderstandes für Umlaufmotore;
8. „ „ „ von Ungleichförmigkeit und Erschütterungen;
9. „ „ „ der Zugkraft;
10. „ „ „ des Heizwerts;
11. „ „ „ der Druckproben;
12. „ „ „ der Materialprüfungen.

B. Untersuchungen für wissenschaftliche Zwecke:

(Die hierunter zu machenden Vorschläge können vorläufig noch zurückgestellt werden, da das unter A aufgeführte Material für die nächsten Beratungen ausreicht.)

Zu dem vorstehenden Programm sind noch folgende Ergänzungsvorschläge gemacht worden:

1. Energieverbrauch und Gewichtsaufwand für die Kühlung:
   a) Pumpenleistung,
   b) Arbeit zur Überwindung des Kühler-Stirnwiderstandes,
   c) Gewichtsaufwand für die Kühlung.
2. Zugrundelegung eines mittleren spezifischen Benzin-Gewichts bei Brennstoffverbrauchsangaben (etwa 0,70).

3. Besondere Prüfung von Schalldämpfern und Auspufftöpfen in bezug auf Kraftverminderung (die recht gering zu sein scheint), Erhitzung des Anlaßventils und Kühlwasserverbrauch.
4. Berücksichtigung wichtiger Betriebseigenschaften, wie z. B. von Rußund Funkenbildung nach mehrstündigem Betrieb, Selbstzündung, Neigung zu Vergaserbrand, Bildung von totem Gang in Zahnrädern und Wellen, geringe Möglichkeit für Ölschmutz, sich im tiefsten Teil des Motors abzusetzen usw.
5. Berücksichtigung der Bruchmöglichkeiten bei Kolben, Ventilen, Ventilfedern, ferner des Rauwerdens der Hauptlager bzw. des Auslaufens der Lager.
6. Prüfung der Steigerungsfähigkeit der Tourenzahl in noch festzusetzenden Grenzen.

Bei der Tagung des Unterausschusses am 19. Oktober 1913 wurde der vorstehende Arbeitsplan von ihm genehmigt und beschlossen, auf dieser Grundlage in die Einzelberatungen einzutreten. Man erwog die zweckmäßigste Art des Vorgehens und einigte sich dahin, daß für alle Teilfragen aus den Mitgliedern der Gesellschaft, aber wenn notwendig auch aus außenstehenden Kreisen Spezialsachverständige ausgewählt werden sollten, die mit dem Gegenstand praktisch und wissenschaftlich besonders vertraut seien. Diese Fachmänner würden um die Erstattung schriftlicher und mündlicher Referate zu bitten sein. Darauf sollten sich die weiteren Verhandlungen aufbauen.

Es folgte die Besprechung des ersten Punktes: Feststellung der indizierten Leistung. Der Ausschuß war einstimmig der Ansicht, daß das Indizieren der schnelllaufenden Flugmotoren heute noch erheblichen Schwierigkeiten begegne und mit einfachen, für jeden normalen Sachverständigen handgerechten Mitteln zuverlässig nicht möglich sei. Dagegen war man geteilter Meinung, ob hieraus nun gefolgert werden müsse, daß die Indizierung der Flugmotoren gegenüber der viel einfacheren Bestimmung ihrer effektiven Leistung praktisch überhaupt ohne Bedeutung sei und ob jene deshalb den wissenschaftlichen Untersuchungen allein überlassen bleiben könne. Die Frage wurde nicht sofort entschieden. Man entschloß sich vielmehr, zunächst über die Indizierung von Flugmotoren Referate zu hören, um deren Erstattung die Herren Geheimer Hofrat Professor Scheit-Dresden, Dr.-Ing. Mader-Aachen und Dr.-Ing. Bergmann-Oberschöneweide gebeten werden sollten. Auch in bezug auf die Punkte 2, 3, 4 und die damit zusammenhängenden 8 und 10 des Programms ergaben sich Abweichungen in den Anschauungen. Eine Klärung durch ein Referat des Herrn Dipl.-Ing. Seppeler-Adlershof wurde daher als erwünscht betrachtet. Endlich fand sich das anwesende Mitglied des Ausschusses, Herr Professor Baumann-Stuttgart, bereit, einen Bericht über die Punkte 5, 6 und 7 zu liefern. Damit war für die weiteren Ausschußverhandlungen ausgiebiges Beratungsmaterial geschaffen worden. Unsere Aufgabe ist es, dieses Material eingehend durchzuarbeiten und im Sinne unserer Aufgabe zu verwerten.

Die Reihe der angekündigten Referate wurde inzwischen in der letzten Sitzung des Unterausschusses am 21. Dezember 1913 mit den Berichten über die Indizierung eröffnet. Sie seien in der Reihenfolge, wie sie erstattet wurden, hier wiedergegeben.

Referat über die Indizierung schnellaufender Motoren.

Von
Dr.-Ing. **Mader**-Aachen.

M. H. Ihre Aufforderung, vor Ihnen über die Indizierung schnellaufender Verbrennungsmotoren zu referieren, glaube ich nach dem Bericht Ihrer letzten Sitzung wie folgt auslegen zu dürfen: „Zweck und Nutzen der üblichen Indizierung ist bekannt. Für Aufstellung von Normen zur Untersuchung schnellaufender Motoren ist die Möglichkeit und die Zuverlässigkeit einer solchen Indizierung zu klären. Man möchte zu diesem Zwecke auch das von mir entwickelte Verfahren erläutert haben."

Diesem Wunsche hoffe ich nun am besten dadurch nachzukommen, daß ich dieses Verfahren nicht einfach beschreibe, sondern, wenn auch nur kurz, auf die Schwierigkeiten, auf die ich gestoßen bin, und auf die zu deren Überwindung eingeschlagenen Wege eingehe.

Mein Ziel war, die aus dem Großmotorenbau mir als direkt unentbehrlich vertraute Indizierung auch für kleine Schnelläufer allgemein anwendbar zu machen. Ein Instrument dazu mußte klein und handlich, einfach in der Handhabung, Instandhaltung und Prüfung und möglichst ähnlich dem gewohnten Indikator sein.

Dabei waren jedoch vor allem die Eigenschaften des letzteren, die ihn für Schnellläufer unbrauchbar machten, zu verbessern:

1. Ein Indikator hat die Aufgabe, den Zusammenhang zwischen Druck und Volumen in einer Kolbenmaschine aufzuzeichnen; er besteht meist aus zwei Teilen, je einer Vorrichtung zur Aufzeichnung des Druckes (Kolben, Feder und Schreibzeug) und des Volumens (Trommel mit Antrieb).

2. Maßgebend für das Arbeiten des Indikatorteiles zur Druckaufzeichnung ist der zeitliche Verlauf des Druckes. Bei kleinen Verpuffungsmotoren erfolgt nun eine — prozentualiter — sehr rasche Drucksteigerung (Explosion) mit darauffolgendem Druckabfall (Expansion), deren Folge Schwingungen von Kolben mit Feder sind, die um so rascher abgedämpft werden müssen, je höher die Tourenzahl. Diese Verhältnisse werden um so ungünstiger, je kleiner das Hubvolumen und je besser die Zündung ist. Je kürzer die „Eigenschwingungszeit" des Indikators, um so kleiner kann die für die Genauigkeit des Diagramms stets schädliche Dämpfung (Reibung, Öl) sein. Harmonisch verlaufende Schwingungen sind stets ein Zeichen für gute Druckanzeige. Um die Eigenschwingungszeit zu verkürzen, kann man den Kolbenhub oder die schwingende Masse verkleinern.

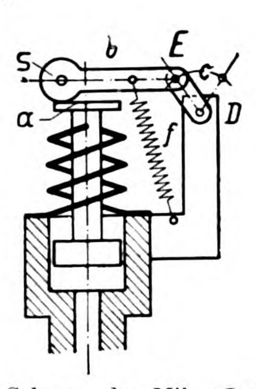
Die Vereinigung von Kolben und Feder in der Membran, wie vielfach für optische Indikatoren verwendet, gibt die kürzeste Zeit, hat jedoch, soweit ich gefunden, folgende Nachteile:

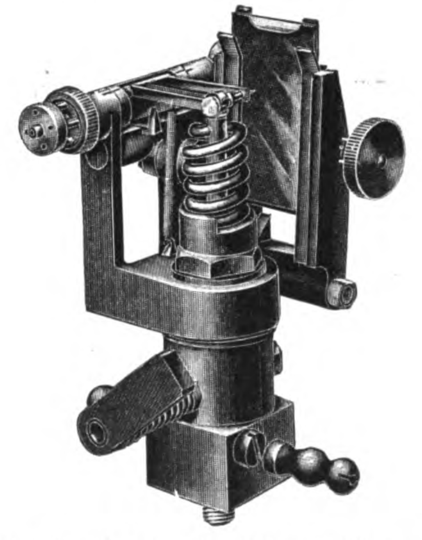
Einfluß der Einspannung und der einseitigen Erwärmung, ungleichen Maßstab, kein „durchgearbeitetes" elastisches Material. Deshalb habe ich die normale, doppeltgewundene Feder aus naturhartem Stahldraht mit Kolben gewählt, nur mit sehr kleinem Hub (2 mm max.). Der Kolben wird jedoch zum Unterschied von anderen Konstruktionen nur an 2 Punkten, unten von der Büchse, oben von der Feder selbst geführt, kann also nicht klemmen.

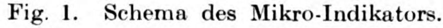
Diese „statisch bestimmte" Führung ist als Leitgedanke, soweit möglich, bei dem ganzen Indikator durchgeführt.

Die für das Auge nötige Vergrößerung erfolgt nicht durch ein mechanisch oder optisch vergrößerndes Schreibzeug, das Masse und andere Fehler, besonders durch toten Gang oder Vibration hat, sondern getrennt von der Aufzeichnung, und nicht an der Maschine, im Mikroskop, wenn nötig jedoch sofort nach der Diagrammentnahme.

Die Diagrammlinie selbst wird ohne jede Vergrößerung von einem scharfen Stahlstift auf eine ganz schwach berußte Glasplatte gezogen, und man erhält so Diagramme von max. 2 mm Höhe. Diese Methode, nach der der Indikator „Mikro-Indikator" genannt wurde, hat gegenüber der optisch-photographischen den Vorteil, daß ich ein sofort sichtbares, von dem umständlichen Einlege-Entwicklungsverfahren unabhängiges Dokument auf kleinstem Raume (24 Diagramme auf Platte 28 × 46) erhalte, und zwar in beliebiger Anzahl, und daß die Strichstärke vollkommen unabhängig von der Schreibstiftgeschwindigkeit ist. Optische Diagramme zeigen immer Unterbelichtung bei der Explosionsspitze, Überbelichtung an den Totpunkten. Auch die Notwendigkeit einer guten Beleuchtungsquelle (Strom, Stärke, Abblendung) und die Schwierigkeit einer bei Stößen und bei den kleinen Spiegelbewegungen exakt arbeitenden Vergrößerung ließen mir die optische Registriermethode als ungeeignet für ein von jedermann zu benutzendes Instrument erscheinen.






Fig. 1. Schema des Mikro-Indikators. Fig. 2. Ansicht des Mikro-Indikators.

3. Die Volumenaufzeichnung: Sie wird bei den normalen Indikatoren auch durch einen anderen Konstruktionsteil wie die Druckaufzeichnung bewirkt, durch eine mit Schnüren proportional dem Kolbenhub gedrehte, relativ schwere Trommel. Diese gestattet eine sehr einfache und gute Befestigung des Diagrammblattes.

Man ist gewohnt eine schnelle Anbringung der Indikatoren an jeder Maschine zu verlangen, bestenfalls fertigt man noch einen „kinematisch richtigen" Antrieb, an den die übliche Schnur angehängt wird. Bei hohen Tourenzahlen versagt aber diese Vorrichtung gänzlich, bei mittleren gibt sie schon zu großen, nicht kontollierbaren Fehlern (durch Dehnungen usw.) Anlaß.

Ein Antrieb muß nicht allein auf dem Papier, sondern auch im Betriebe korrekt sein, er ist nicht nur Festigkeits-, sondern auch Meßkonstruktion.

Dies läßt sich meiner Ansicht nach nur durch einen wie ein richtiger Maschinenteil konstruierten starren Antrieb erreichen. Mit einem solchen wären aber auch normale kleine Indikatoren für viel höhere Tourenzahlen brauchbar als jetzt, da die Druckaufzeichnung noch genügen würde. Da eine Kleinmotorenfirma im allgemeinen nur wenige Typen baut, braucht sie für deren Versuchsstand auch nur wenige Antriebsgeschirre.

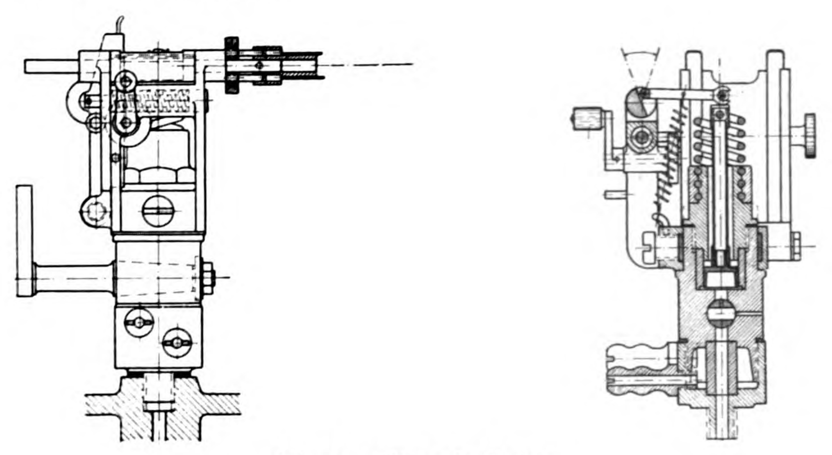


Fig. 3. Mikro-Indikator.

Beim Mikro-Indikator ist ein solcher starrer Antrieb (einfacher Schwingenantrieb) gewählt; es wird jedoch keine schwere Trommel bewegt, sondern der leichte Schreibstift, der federnd auf dem Kolbenstangenende schleift, zeichnet mit dem Drucke zugleich durch Querbewegung (2 mm) auch die 2. Koordinate, das Volumen auf. Dadurch erhält man die Möglichkeit einer ebenen, für die weitere Behandlung sehr geeigneten Diagrammplatte.

Ein genau rechtwinkliges Koordinatennetz wird dabei natürlich nicht erreicht, doch sind die Abweichungen, eine Größe 2. Ordnung, in der Fläche nicht weiter bemerkbar.

Neben den von vornherein zu übersehenden Schwierigkeiten bei der Druck- und Volumenbestimmung ergaben sich aber bei der Ausbildung des Mikro-Indikators zu einem allgemein brauchbaren Instrument — ein solches schwebte mir von Anfang an vor — noch neue praktische Schwierigkeiten, vor allem habe ich

4. die Vibrationen der Motoren als Hauptschwierigkeit empfunden, und zwar weniger die mit dem Auge sichtbaren starken Stöße, wie sie z. B. bei elastischer Lagerung auftreten, sondern das feine Zittern, welches besonders bei Mehrzylindermotoren alle Teile durchläuft und alle Verbindungen zu lockern sucht. Die optischen Indikatoren helfen sich dadurch, daß sie die Verbindung mit dem Zylinder und der Maschine nur durch ein elastisches dünnes Rohr herstellen. Dies hielt ich für unzulässig. Ich wollte ein kleines, leichtes, direkt am Totraum anbringbares Instrument.

Gegen die Vibrationen soll Spannung in allen Teilen und starre Konstruktion helfen. Dadurch muß auch der gerade für die kleinen Mikrodiagramme sehr gefährliche tote Gang ausgeschaltet werden. Ich muß auf diesen Punkt besonders hinweisen, da er bei unsachgemäßer, weil unwissender Behandlung am ehesten Anlaß zu Mißerfolgen gibt.

5. Wärme: Da die Motoren sehr heiß laufen müssen und manche Teile (z. B. Verschlußstopfen für Ventile) viel heißer als das Kühlwasser werden, gingen mir, von festgebrannten Hähnen und heißen Küken abgesehen, bei meinem ersten Instrument auch die Lötstellen an den Federn auf. Ich glaube nun, daß die Wärmeleitung durch das Metall, nicht vielleicht die heißen Verbrennungsgase in der Bohrung des Indikators, dies bewirkt. Der jetzt angebrachte Kühler hält den Indikator absolut kalt, er braucht aber nicht bei allen Motoren benutzt zu werden.

6. Die Zeit eines Diagrammes ist sehr kurz. Will man nicht zu wenig oder zu viel auf eine Platte bekommen, so müssen dem Benutzer zwei Gedanken entgegengesetzter Art (Andrücken und Abheben der Platte in bestimmter sehr rascher Zeitfolge) erspart bleiben. Deshalb erfolgt Andrücken und Abheben durch eine (ziemlich langsame) Kurbeldrehung.

7. Nur erwähnen möchte ich noch folgende Punkte: Abnutzung des Stiftes erfordert leichte Auswechselung und billige Fabrikation, der starre Antrieb erfordert eine lösbare und dabei doch in Spannung befindliche Kupplung. Die Glasplatten müssen berußt, die Diagramme fixiert (Zaponlack), vergrößert und ausgemessen werden. (Zeichenapparat am Mikroskop.) Genaues darüber siehe „Dinglers Polytechnisches Journal“ 1912 und „Der Motorwagen“ 1912, Heft 27—31.

Referat über die Indizierung schnellaufender Motoren.

Von

Dr.-Ing. **Bergmann**-Oberschöneweide.

M. H. Das Indizieren schnellaufender Motoren hat praktisch keine Bedeutung, wissenschaftlich erst dann, wenn die Grundlage mehr als bisher geklärt ist. Die vorläufig der Indizierung anhaftenden Fehler sind u. a.:

1. Die durch die beliebige Funkenausbreitung an der Zündstelle und durch andere Nebenumstände bedingte starke Streuung der Diagramme.

Direktor A. Lange, Deutz, und später Nägel fanden ähnliches bei ihren Untersuchungen über die Zündgeschwindigkeit von Gasgemischen in der Bombe und verwarfen daher den gewöhnlichen Indikator.

2. Die Kanaldrosselung. Diese beeinflußt nach Versuchen von Professor Meyer (Z. d. V. D. I. 1903, Seite 1343) die Völligkeit des Diagrammes, wie aus gleichzeitigen Versuchen mit zwei verschieden großen bzw. verschieden gedrosselten Indikatoren hervorgeht. Die bei Indikatoren abweichender Bauart vorhandenen verschiedenen Schwingungen sind nicht allein daran schuld, sondern ein großer Zylinder füllt sich quasi langsamer mit Druck als ein kleiner.

Der bisherige Indikator ist deshalb keine Vorrichtung zu exakten Messungen, sondern er kann nur dazu dienen, den etwaigen Verlauf bestimmter Arbeitsvorgänge

zu verfolgen (ähnlich wie der Röntgenapparat in der Hand des Arztes bei der Beurteilung innerer, sonst unsichtbarer Vorgänge).

Zur Beurteilung der Gesamtvorgänge genügt aber nicht ein einziger Indikator pro Verbrennungsraum; man muß vielmehr überall dort indizieren, wo eine Beeinflussung der Arbeitsvorgänge stattfinden kann, z. B. an den verschiedenen Zweigen der Gemischzuführung, am Vergaser, an der Vorwärmung, am Auspuff.

Hat man dieses erkannt, so kann man auch einen Schritt weitergehen, indem man ähnlich wie bei der Frequenzmessung der Elektrotechnik ein summarisches Verfahren anwendet, entweder nach der von mir bei Vergaseruntersuchungen angewandten und veröffentlichten Methode, die z. B. Herr Geheimrat Riedler benutzte, oder durch Aufzeichnung des Mitteldruckes. Diese stellen den Arbeitsverlauf in einem schnellaufenden Luftverdichter dar, aufgenommen von einem gewöhnlichen Maihakindikator unter zunehmender Drosselung desselben (die Aufzeichnung des Indikators geht schließlich in eine Gerade über, die den mittleren manometrischen Druck darstellt, wie durch gleichzeitig angeschlossenen Druckmesser von Schäffer und Budenberg festgestellt war).

Dem Indikator fällt im allgemeinen die doppelte Aufgabe zu:

1. zur Bestimmung der indizierten Leistung zu dienen,
2. Einblick in die inneren Arbeitsvorgänge zu gewähren.

ad 1. Bedenkt man, daß ein Sechs-Zylinder-Flugzeug- oder Luftschiff-Motor durchschnittlich 1200 Touren macht [1]), also $\frac{6 \cdot 1200}{2 \cdot 60} = 60$ Vierteltaktprozesse pro Sekunde vollführt, so erkennt man, daß eine einigermaßen zuverlässige Ermittlung der indizierten Leistung eine sehr große Anzahl von Bündeldiagrammen erfordert.

Diese aufzunehmen, sind mindestens 6 Indikatoren an den Motor anzuschließen nötig, und ihre Betätigung hätte synchron zu erfolgen. Durch ein solches umständliches Aufnahmeverfahren und die außerordentlich zeitraubenden Auswertungsarbeiten liegt selbstredend das Resultat der Messungen stets zu spät vor, auch wenn ein ziemlicher Beamtenstab aufgeboten wird. Zeit und Geld sind in der Praxis die teuersten und meist auch die knappsten Mittel, so daß schon aus diesem Grunde die Bestimmung der indizierten Leistung für praktische Zwecke recht ungeeignet erscheinen muß. Dies um so mehr, als der Energieumsatz einer Maschine durch Verbrauchsmessungen, Bremsungen und manch andere Prüfstandsmittel rascher übersehen wird und meist sogar während des Versuches unmittelbar zu verfolgen ist.

Aber ganz abgesehen von den gekennzeichneten Versuchsschwierigkeiten und Zeitkosten, welche vielleicht nur in der Praxis schwer ins Gewicht fallen würden, ist die Bestimmung der indizierten Leistung mit den bestehenden Indikatoren bis heute so unzuverlässig, daß sie auch für die Wissenschaft von recht fraglichem Werte bleibt.

---

[1]) Automobilmotoren laufen noch schneller, sie machen bis zu 2500 Touren im allgemeinen; doch kommen auch 3500 Touren pro Minute vor (Grand Prix 1914). Meistens sind hier zwar nur vier Zylinder vorhanden, trotzdem aber zeigt sich die sekundliche Zahl der Arbeitsspiele auf

$$\frac{2400 \cdot 4}{2 \cdot 60} \text{ bis } \frac{3000 \cdot 4}{2 \cdot 60} = 80 \text{ bis } 100 \text{ pro Sekunde.}$$

Mit welchen Ursachen das zusammenhängt, müßte bei Behandlung des zweiten Teiles der Aufgabe nochmals erörtert werden, so daß gleich hierzu übergegangen werde.

ad 2. Hiernach soll der Indikator gewissermaßen als eine Art Röntgen-Apparat funktionieren, mittels dessen man Einblick in die inneren Arbeitsvorgänge erlangt.

Ein Indikator kann natürlich nur dann die Zylindervorgänge richtig anzeigen und auf ev. Störungs- und Verlustquellen richtig hindeuten, wenn einerseits der Anschluß eines solchen Instruments die Arbeitsweise des Motors nicht meßbar beeinflußt und sich andererseits in jedem Augenblicke über dem Indikator- und Motor-Kolben die gleichen Druckwirkungen abspielen.

Diese Aufstellung mag zwar recht selbstverständlich erscheinen, aber die weiteren Betrachtungen werden dartun, wie schwer selbst von berufenster Seite hiergegen gesündigt wird.

In erster Linie muß man sich darüber klar werden, daß der Anschluß eines einzigen Indikators pro Zylinder nicht in der Lage ist, die Druckwirkungen auf den Motorkolben richtig wiederzugeben; das ergibt sich aus folgendem:

Beobachtet man nämlich die Zündwelle in einem gashaltigen Raume, so kann man feststellen, daß die Gleichmäßigkeit der Fortpflanzung in hohem Grade von dem Gasdrucke abhängig ist. Läßt man z. B. durch einen geschlossenen Raum einen elektrischen Funken schlagen, der sich rhythmisch wiederholt, und evakuiert diesen Raum währenddessen, so wird der Funke mit abnehmendem Gasdruck ein immer gleichmäßiger werdendes Leuchtfeld ergeben, das zuletzt präzis mathematische Gestalt annimmt, wie sie etwa von den Röntgen-, Cook- und Geißler-Röhren bekannt ist. Mit wachsendem Druck dagegen wird der Zündweg unregelmäßiger. Läßt man z. B. mit Hilfe eines Induktoriums durch die Atmosphäre elektrische Funken schlagen, etwa so, daß der Funke von einem punktförmigen Pol zu einem plattenförmigen Pol in einem größeren Abstand überspringen muß, gibt ferner der Platte einen möglichst großen Durchmesser und verlangsamt den Rhythmus der überspringenden Funken soweit, daß das Auge jeden Funken einzeln wahrnimmt, so bemerkt man, daß der Zündweg jedesmal ein völlig anderer wird und eine ganze Funkengarbe entsteht. Insbesondere ist der Funkenweg niemals der mathematisch kürzeste, also nie eine gerade Linie.

Mit wachsendem Gasdruck nimmt die Streuung außerordentlich zu, d. h. im Motorzylinder werden sich von Arbeitsspiel zu Arbeitsspiel ziemlich verschiedenartige Zündentfaltungen vollziehen. Der Indikator zeigt zwar diese wechselnden Druckvorgänge an, aber die Streuung wird insofern falsch wiedergegeben, als die Zündwelle bald früher, bald später auf den Motorkolben als auf den Indikatorkolben wirkt. Die Abweichung geht soweit, daß quantitative Druckunterschiede auf dem Maschinenkolben und auf den Indikatorkolben übertragen werden. Man muß sich nämlich immer vor Augen halten, daß auf dem Maschinenkolben stets die summarische Druckwirkung jeden Augenblickes ausgeübt wird, während der Indikatorkolben Teilwirkungen empfängt, die von den wechselnden lokalen Druckverhältnissen an der Anschlußstelle des Indikatorkanals abhängen.

Bei dieser ganzen Betrachtung muß man sich auch stets vergegenwärtigen, daß die Druckverteilung im Kompressionsraum während der Zündperiode keineswegs gleich-

artig ist. Das geht schon daraus hervor, daß sonst weder von Zünd- noch von Druckwellen und Fortpflanzungsgeschwindigkeiten geredet werden könnte.

Motoren mit diffuser Glühzündung wie beispielsweise Diesel-Motoren haben keine derart konzentrierte Zündstelle, von welcher sich die Entflammung ausbreitet, sondern die Selbstzündung erfolgt gleichzeitig an zahlreichen Stellen der Ladung, weshalb solche Motoren ziemlich frei von den vorerwähnten Streuungsverhältnissen sind. Diagramme, die an Diesel-Motoren aufgenommen sind, bestätigen dieses.

Weiterhin muß von einem Indikator verlangt werden, daß der Inhalt des Indikator-Zylinders und des Anschlusses so knapp bemessen ist, daß der Kompressionsraum keinesfalls fühlbar vergrößert wird. Andernfalls würde durch den Anschluß des Indikators das Kompressionsverhältnis des Motors verändert, der Kreisprozeß modifiziert, d. h. die Arbeitsweise des Motors beeinträchtigt. Alle Angaben des Indikators würden also unrichtig sein und falsche Schlüsse induzieren.

Umgekehrt aber muß die Verbindung zwischen Motor und Indikator-Zylinder so geräumig gehalten werden, daß fälschende Drossel- und Schwingungserscheinungen ausgeschlossen sind. Auch wenn auf diesen Punkt nicht genügend Sorgfalt gelegt wird, sind die Druckvorgänge über dem Indikatorkolben zeitweise ganz andere als über dem Motorkolben. Selbstredend würde sich die Gestalt des Diagrammes völlig ändern.

Drosselerscheinungen im Anschlußkanal verschleppen alle Druck-An- und Abstiege. Besonders die wichtigsten und raschesten Vorgänge „Übergang von Endkompression zur Zündung und Expansion" werden durch den Indikator falsch wiedergegeben. Je rascher die Druckänderungen im Zylinder erfolgen, desto stärker macht sich natürlich der Drosseleinfluß im Verbindungskanal geltend. Mit anderen Worten, Schnelläufer sind wesentlich unsicherer zu indizieren als Langsamläufer. Tatsächlich wird auch aus dem Grunde den Indikatorangaben bei Langsamläufern wesentlich mehr Vertrauen entgegengebracht. Zufällig erlangen sie auch hier eine viel größere Wichtigkeit, denn meistens ist die effektive Leistung und der Betriebsstoffverbrauch langsamlaufender, größerer Maschinen ungleich schwieriger und ungenauer zu ermitteln als bei Schnelläufern. Bei ersteren bildet der Indikator daher das wichtigste Auskunftsmittel.

Obwohl, wie gezeigt, die Drosselverhältnisse im Verbindungskanal, also zwischen Indikator- und Motorzylinder, eine ausschlaggebende Rolle spielen, und obwohl bei Langsamläufern und großen Motoren die fälschenden Drosseleinflüsse ziemlich leicht zu vermeiden sind, wird diesem wichtigen Moment noch lange nicht genügend Rechnung getragen. Diese und zahlreiche andere Fehler sind Praktikern wie Wissenschaftlern längst bekannt. Es ist daher sehr erstaunlich, welche Fehler in dieser Hinsicht gemacht werden.

Ein Beispiel möge dieses illustrieren.

Indiziert man einen langsamlaufenden Motor gleichzeitig mittels eines kleinen und eines großen Indikators, welche beide durch eine Gabelleitung auf demselben Hahn sitzen, der zwischen Indikator und Zylinder eingeschaltet ist, so zeigt sich, daß der große und der kleine Indikator abweichende Diagramme ergeben. Und zwar hinken die Druckänderungen des großen gegen die des kleinen Indikators nach.

Dieser Versuch wurde von berufenster, wissenschaftlicher Seite gemacht und findet sich in der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure, Jahrgang 1901, Seite 1341. Der Experimentator war sich klar darüber, daß das schwere Trieb- und Schreibwerk des großen Indikators gegenüber dem des kleinen Indikators nacheilen müsse, und es wird deshalb an der angegebenen Literaturstelle mit scharfsinnigen Betrachtungen und Differentialgleichungen untersucht, ob die Massenschwingungen die Druckverschleppungen veranlassen. Die höhere Mathematik, welche zu Rate gezogen wurde, bestätigte diese Auffassung auch, aber wie der Verfasser richtig erkannte, sind die in den Diagrammen auftretenden Druckverschleppungen an den Stellen rascher Druckänderungen — Übergang von der Endkompression zur Zündung, Explosion und Expansion — viel zu auffällig, als daß sie sich aus den Massenschwingungen und der Massenträgheit des Indikator-, Trieb- und Schreibwerkes allein herleiten könnten. Wo die eigentliche Ursache zu suchen ist, konnte der Verfasser allerdings nicht angeben, weshalb er 1. darauf hinweist, daß er die Untersuchungen fortsetzen wolle und später darauf zurückkommen würde. Die Erklärung ist ganz einfach; selbstredend füllt sich der größere der beiden Indikatorzylinder, welche beide auf demselben Hahn münden, sozusagen langsamer mit Druck.

Man erkennt daraus, daß also selbst bei Langsamläufern die Drosselvorgänge in dem Anschlußkanal des Indikators nicht hinreichend gewürdigt werden.

Auf Schnelläufer angewandt, wo die Druckwechsel mit ungleich höherer Frequenz erfolgen, heißt dies: der Indikatorkolben muß möglichst unmittelbar in den Maschinenzylinder eingesetzt werden, jeder Anschlußkanal ist, soweit angängig, zu vermeiden bzw. so zu gestalten, daß in den Augenblicken raschester Druckentfaltung bzw. raschesten Druckabfalls höchstens Gasgeschwindigkeiten von 50—60 m pro Sekunde auftreten können. Ein Hahn zwischen Indikator und Motor ist ebenfalls zu vermeiden, d. h. der Indikator muß durch irgendeine Arretierung oder Kupplung ein- und ausgeschaltet werden.

Feststellung der indizierten Leistung von Luftfahrzeugmotoren.

Von

Geh. Hofrat Professor **Scheit**-Dresden.

Der Indikator ist dazu bestimmt, den Arbeitsvorgang im Zylinder im Schaubild darzustellen, sowohl hinsichtlich der Leistung als auch hinsichtlich Druck änderungen und der Strömungs- und Drosselvorgänge, d. h. hinsichtlich richtigen Funktionierens der Steuerorgane.

Die Indizierung bietet bei Mehrzylindermaschinen insbesondere auch die Möglichkeit festzustellen, ob die verzweigte Saugrohrleitung ihre Aufgabe erfüllt, sämtliche Zylinder in gleicher Weise mit dem Ladegemisch zu versorgen und hierbei den Einfluß von Krümmungen in der Zuleitung mit den eigentümlichen Schwingungserscheinungen zu verfolgen, die die Zuführung des Gemisches bald günstig, bald ungünstig beeinflussen.

Es zeigen sich bei Mehrzylindermaschinen Verschiedenheiten in den einzelnen Diagrammen, und daher kann der Indikator als ein sehr willkommenes Mittel bezeichnet werden, die Ursachen festzustellen und zu beseitigen.

Zur ziffermäßigen Ermittlung der indizierten Leistung selbst besitzt der Indikator bei schnellaufenden Flugzeugmotoren und bei den durch den Explosionsvorgang sehr rasch stoßartig einsetzenden Impulsen jedoch nicht die Bedeutung wie bei der verhältnismäßig langsam laufenden stationären Maschine, insbesondere der Dampfmaschine mit allmählich verlaufenden Druckübergängen; denn abgesehen davon, daß durch die stoßartig wirkenden Impulse der Linienzug des Diagrammes verzerrt wird, sind wir nicht in der Lage, eine einwandfreie Eichung des Indikators unter den jeweilig vorliegenden Arbeitsbedingungen vorzunehmen.

Solche Verzerrungen machen sich beim Federindikator auch infolge der Massenwirkungen fühlbar, so daß auch mit den besten zurzeit vorhandenen Federindikatoren ein glatter Verlauf der Diagramme nur für Umdrehungszahlen bis etwa 700 gewährleistet wird.

Der optische Indikator liefert zwar auch bei größerer Drehzahl noch glatte Diagramme, doch erscheint bei diesem Indikator die Eichung noch schwieriger als beim Federindikator, weil die Durchbiegungen der vom Druck beeinflußten Membran nicht dem Drucke proportional sind.

Wenn hiernach die Indikatoren nicht als brauchbare Vorrichtungen zur Ermittlung der indizierten Leistung für Flugzeugmotoren zu betrachten sind, so bleibt hervorzuheben, daß gerade bei Flugzeugmotoren infolge der großen Drehzahl die effektive Leistung mit verhältnismäßig einfachen Prüfvorrichtungen ermittelt werden kann, so daß das Bedürfnis der Ermittlung der indizierten Leistung zurücktritt.

Bei langsam laufenden Motoren großer Leistung, stationären Motoren, ist man, da geeignete Vorrichtungen zur Ermittlung der effektiven Leistung nicht vorhanden sind, auf die Ermittlung der indizierten Leistung angewiesen; bei schnellaufenden Flugzeugmotoren bietet dagegen diese Ermittlung keine Schwierigkeiten.

Solche Vorrichtungen zur Ermittlung der effektiven Leistung für Flugzeugmotoren sind z. B. der Pendelrahmen mit einstellbaren Windflügeln oder gegebenenfalls unter Benutzung des Propellers als Windflügel.

Der einstellbare Windflügel ist vorzuziehen, weil derselbe die Prüfung bei verschiedenen Drehzahlen gestattet. Zweckmäßig erscheint es indessen, die beiden Windflügel nicht in gleicher Richtung zu verstellen, sondern in entgegengesetzter, damit das Moment der Axialschub-Kräfte der beiden Flügel ausgeschaltet wird.

Die effektive Leistung läßt sich überdies auch gleichzeitig mit dem axialen Schube des Propellers in einfacher Weise feststellen. Der Referent hat eine derartige Versuchseinrichtung entworfen und in der Deutschen Luftfahrer-Zeitschrift, XVI. Jahrgang (1912), Nr. 8 beschrieben, die diese Feststellung bei in das Flugzeug eingebautem Motor gestattet. Eine weitere Ausgestaltung dieser Prüfvorrichtung als Doppelpendelrahmen ist vom Referenten in der Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt 1914, Heft 6 beschrieben.

Zusammenfassung.

Die bekannten Feder- und optischen Indikatoren liefern bei schnellaufenden Explosions-Motoren keine einwandfreien Diagramme zur Ermittlung der indizierten Leistung; sie bilden aber, und zwar der Federindikator für niedere, der optische Indikator auch für die üblichen hohen Drehzahlen, willkommene Mittel, die Strömungsvorgänge im Arbeitszylinder und insbesondere auch den Einfluß der Art der Rohrführung vom Vergaser zum Zylinder auf die Gemischzufuhr zu beurteilen. Allerdings sind die Angaben noch mit Fehlern behaftet und somit nur als Vergleichswerte zu benutzen.

Hiernach scheint es geboten, der Weiterentwicklung des Indikators für schnellaufende Explosionsmotoren besonderes Interesse entgegenzubringen.

Die sich anschließende Besprechung der Vorträge gelangte aus Zeitmangel nicht zum Abschluß. Es wurde zunächst noch von der zeitigen Auffassung der Versuchsanstalt für Luftfahrt in Adlershof über das Indizieren Mitteilung gemacht. Man erachtet dort das Indizieren schnellaufender Motoren für wissenschaftliche Zwecke als unentbehrlich, insbesondere dann, wenn es sich um die Ermittlung der Einzelvorgänge in der Maschine handelt. Hierfür seien aber die vorhandenen Indikatoren meistens wenig geeignet; sie müßten deshalb dem jeweiligen besonderen Verwendungszweck angepaßt werden. Für die praktische Leistungsbestimmung das Indizierverfahren zu benutzen, hält man schon aus folgender Erwägung für äußerst fehlerhaft und unzweckmäßig. Bei dem schnellen Lauf und der hohen Belastung der Flugmotoren wechselt dauernd die Leistung der einzelnen Zylinder und damit auch der ganzen Maschine. Zu erheblichen Fehlern müsse es führen, wenn man von der jeweiligen Momentan-Leistung Rückschlüsse auf die Dauerleistung macht. Solange also ein Indikator nur eine relativ beschränkte Anzahl von Arbeitsspielen des Motors erfasse, werde er schon allein aus diesem Grunde, abgesehen von anderen, keine zuverlässigen Ergebnisse liefern können. Die weiteren Äußerungen von dieser Stelle zeigen, daß für die Beurteilung der inneren Arbeitsvorgänge im schnellaufenden Flugmotor eine Reihe von indirekten Feststellungen heute maßgebend sind. Diese beruhen nur zum Teil auf der Grundlage objektiver Messungen, wie die Bestimmung des Drehmoments und der Drehzahl, des Brennstoff- und Schmierölverbrauchs sowie der Kühlwasserwärme. Zum anderen Teil sind sie auf subjektive Sinneswahrnehmungen begründet, wie Aussehen und Schallwirkung der Auspuffgase usw. Durch die Prüfung des Einflusses gewisser Änderungen, wie Zündverstellung und Tourenwechsel, auf jene Messungen und Beobachtungen sucht man die Beurteilung zu erweitern und zu ergänzen.

Im ganzen erhellt daraus, daß dieses mittelbare Verfahren zur Kontrolle des Arbeitsprozesses vielleicht nicht komplizierter und zeitraubender ist als das unmittelbare mit Benutzung des Diagramms. Aber es stellt nach meinem Dafürhalten die indirekte Methode größere Ansprüche an die Erfahrung des Beobachters als die direkte, wenn diese hinreichend einfach und brauchbar durchgebildet werden kann. Zudem wird jene, weil sie umfangreicher ist und mehr Übung verlangt als eine einfache Indizierung, leichter zur Quelle von Irrtümern.

Hiernach erscheint ein zuverlässiger, im Prüffeld brauchbarer Indikator zum mindesten für die Revision des Arbeitsprozesses, weniger freilich für die Leistungsbestimmung erforderlich. Man macht also, glaube ich, aus der Not eine Tugend, wenn man den Indikator für das Prüffeld schlechthin als überflüssig erachtet. Eine andere Frage ist es allerdings, ob die hierbei üblichen Indizierverfahren den vorliegenden schwierigen Ansprüchen genügen, und ob es ev. gelingen wird, bessere Methoden zu finden. Hiervon hängt alles ab.

Diese Auffassung wurde in der Sitzung durch Äußerungen von hervorragender praktischer Seite bestätigt. Dieselbe gab kund, daß man heute bei der Leistungsbeurteilung der Flugmotoren von den individuellen Erfahrungen der Prüffeldleiter und -meister beträchtlich abhängig sei. Vielleicht könne die fortschreitende Entwicklung des Indizierens hier vermittelnd eingreifen.

Es wurde beschlossen, dieses Thema auch in der kommenden Sitzung des Unterausschusses noch weiter zu verfolgen. Insbesondere soll Herr Dr. Mader gebeten werden, an Hand seiner Diagrammaufnahmen die Tragweite des Indizierens schnellaufender Motoren zu erörtern. Herr Dr. Bergmann soll ersucht werden, seine Vorschläge über das summarische Indizieren zu erläutern und womöglich mit Versuchsdaten zu belegen.

Mit Rücksicht auf die Wichtigkeit dieses Punktes sowohl als auch der Flugmotorprüfung im ganzen hat der Vorstand inzwischen auf Vorschlag unseres Ausschusses diese Gegenstände mehreren Vorträgen der diesjährigen ordentlichen Mitgliederversammlung in Dresden zugrundegelegt. Wir dürfen hiervon und von den Beratungen der gleichzeitig wieder stattfindenden Ausschußsitzung weitere wertvolle Aufklärungen erwarten.

Bericht des Unterausschusses für medizinische und psychologische Fragen.

Von

Prof. Dr. **Friedländer**-Hohe Mark bei Frankfurt a. Main.

Personalien:

Der Ausschuß besteht zurzeit aus folgenden Herren:

Obmann: Professor Dr. Friedländer, Hohe Mark i. Ts.
Ahlborn, Professor Dr., Hamburg.
Aßmann, Geh. Reg.-Rat, Prof. Dr., Lindenberg (Kr. Beeskow).
von Böttinger, Geh. Reg.-Rat Dr., M. d. H., Elberfeld.
Cohnheim, Professor O., Hamburg.
Ernst, Hauptmann, Straßburg i. Els.
Euler, August, Fabrikbesitzer, Frankfurt a. M.
Flemming, Stabsarzt Dr., Schöneberg.
Grulich, Dr. med., Darmstadt.

Grulich, Dipl.-Ing., Gotha.
Halben, Privatdozent Dr., Berlin W.
Hergesell, Geh. Reg.-Rat, Prof. Dr., Straßburg i. Els.
Hirth, Hellmuth, Techn. Direktor, Obering., Wilmersdorf.
Joseph, Ludwig, Justizrat Dr., Frankfurt a. M., Schriftführer.
Koschel, Stabsarzt Dr., Berlin W.
Sievers, Professor Dr., Gießen.

Kooptiert von der Vereinigung zur wissenschaftlichen Erforschung des Sports und der Leibesübungen:

Nicolai, Professor, Berlin.
Zuntz, Geheimrat Professor, Berlin N.

ferner:

Bredenbreuker, Hauptmann im Eisenbahn-Regt. Nr. 1, kommandiert als Lehrer an der Militärtechn. Akademie Berlin, als Gast.

Die Initiative zur Gründung dieses Ausschusses ging von Seiner Königlichen Hoheit Prinz Heinrich von Preußen aus. Nachdem Seine Königliche Hoheit, dem die Aufsätze Professor Friedländers (Beobachtungen beim ersten oberrheinischen Flug; „Über die Fliegerkrankheit") bekannt geworden waren, dessen Eintritt in die Wissenschaftliche Gesellschaft für Flugtechnik veranlaßt hatte, wurde bei der Sitzung des Wissenschaftlich-Technischen Ausschusses am 14. Juli 1912 die Gründung eines Unterausschusses für medizinisch-psychologische Fragen beschlossen, und Professor Friedländer zum Obmann gewählt. In dieser Sitzung gab Friedländer zunächst einen kurzen Überblick über das bisher auf diesem speziellen Gebiete Geleistete. Er besprach die „Fliegerkrankheit", ein Begriff, der zu gleicher Zeit in Frankreich, in Österreich (von Schroetter), in Deutschland (durch Friedländer) aufgestellt wurde. Die Erscheinungen der Fliegerkrankheit sind vorzugsweise auf die Verarmung des Blutes an Sauerstoff in größeren Höhen, auf die Blutdruckschwankungen und endlich auf psychische Störungen, insbesondere das Einsamkeitsgefühl, zurückzuführen. Von kleineren Aufsätzen abgesehen, lag damals nur ein sehr interessantes großes Werk des oben genannten Dr. von Schroetter vor. Die Wichtigkeit der bezüglichen Untersuchungen verlangt die Vornahme exakter und zahlreicher Beobachtungen. Diese müssen zentralisiert werden. Vor allem ist es notwendig, die Flieger vor und nach großen Leistungen zu untersuchen.

Die Gesellschaft erteilte Professor Friedländer den Auftrag, bei der ersten allgemeinen Sitzung ein Referat zu erstatten über „die Physiologie und Pathologie der Luftfahrt".

In der Sitzung am 24. November 1912 wurden die aufzustellenden Bedingungen für die Erlangung eines Pilotenzeugnisses eingehend besprochen sowie die Wege, die einzuschlagen sind, um ein möglichst großes Untersuchungsmaterial zu erhalten. Nachdem es sich in der Diskussion gezeigt hatte, daß bezüglich der Richtlinien völlige Übereinstimmung besteht, stellte Geheimrat von Böttinger folgende Anträge:

1. Man solle sich an Seine Exzellenz den Herrn Kriegsminister wenden mit der Bitte, Seine Exzellenz möchte den Vorständen der Militärfliegerschule und den dorthin kommandierten Militärärzten zur Pflicht machen, die Flieger nach einem noch auszuarbeitenden Schema untersuchen zu lassen und die Feststellungen und Beobachtungen regelmäßig an den Vorstand der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik einzusenden.
2. Man solle sich in gleicher Weise an die Zivilflieger bzw. an die Fabriken zu wenden.
3. Endlich an den Deutschen Luftfahrerverband, der insbesondere ersucht wird, bei sportlichen Veranstaltungen in bezüglichen Ausschreibungen die Bedingung mit aufzunehmen, daß die Luftfahrer vor und nach den Flügen ärztlich untersucht werden.
4. Die Ergebnisse aller Untersuchungen sollen lediglich der Sammlung eines möglichst großen Materials dienen. Die Mitteilungen sollen keine Namen, sondern nur Buchstaben und Zahlen enthalten. Vor allem werden diese Untersuchungen nicht etwa zur Grundlage einer Bescheinigung über Tauglichkeit oder Untauglichkeit benutzt, sondern nur zu wissenschaftlichen Zwecken.

Sitzung vom 27. März 1913.

Oberingenieur Hirth macht Mitteilung von interessanten Selbstbeobachtungen bei seinen Flügen. Der Obmann regt die Ausarbeitung von Fragebogen an, welche Zahl und Ursachen der Unglücksfälle soweit als möglich feststellen sollen. Die Opfer der Luftfahrt müßten vor allem in Absturz- und Landungsopfer getrennt werden. Die Frage wird von den Herren von Böttinger, Euler und Hirth eingehend erörtert. Auf Antrag des Herrn von Böttinger soll Herr Hauptmann Ernst ersucht werden, einen solchen Fragebogen auzsuarbeiten, der dann von den Herren Euler und Hirth weiter bearbeitet werden soll.

Herr von Parseval wird ersucht, sich dem Vorstand des sportwissenschaftlichen Forschungsinstitutes behufs gemeinsamer Arbeit mit dem medizinisch-psychologischen Ausschuß in Verbindung zu setzen.

Herr von Böttinger wird ersucht, sich mit dem Generalinspekteur des Militär-Verkehrswesens, dem Generalmajor von Haenisch in Verbindung zu setzen, um auf den militärischen Flugplätzen eine einheitliche Untersuchung der Flieger herbeizuführen.

Bei der nächsten Jahresversammlung soll ein Vortrag medizinisch-psychologischen Inhalts auf die Tagesordnung gesetzt werden. Herr von Böttinger ersucht Herrn Professor Friedländer, das Thema der „Zwangsvorstellungen" zu behandeln. Dieser lehnt wegen Überhäufung mit Arbeiten ab, erklärt sich jedoch auf Anregung des Herrn von Böttinger bereit, bei der 3. Jahresversammlung einen Vortrag über „Raumsinn, Gleichgewichtssinn und Psyche" zu halten.

Sitzung vom 4. Juni 1913.

In dieser Sitzung wurde auf Grund bestimmter, beim Prinz-Heinrich-Flug 1913 gemachter Beobachtungen auf die Notwendigkeit hingewiesen, daß sich die Ober-

leitungen größerer luftsportlicher Veranstaltungen jeweils die Mitarbeit eines Arztes sichern, der schon bei der Ausarbeitung der Ausschreibungen und dann bei der Durchführung der Flüge beratend und mitbestimmend wirken müßte.

Es wird auch darauf hingewiesen, daß auf eine möglichste Schonung der Flieger zu sehen ist. Eine solche läßt sich leicht durchführen, ohne daß der Hauptzweck — die Erzielung höchster Leistungen — darunter zu leiden braucht. Einschiebung von Ruhetagen, Weglassung von festlichen Veranstaltungen während der Flüge, Erstellung von Ruheplätzen für die Flieger, auf welche sie sich zurückziehen können, vermögen in dieser Beziehung außerordentlich viel Gutes zu stiften.

Professor Cohnheim weist auf seine reichen Erfahrungen bezüglich der Schädlichkeit des Alkohols hin. Er regt weiter an, daß eine Unfallstatistik nach dem Muster der alpinen eingerichtet würde. Professor Friedländer erinnert an seine diesbezüglichen bereits früher gemachten Vorschläge und ersucht Herrn Euler, bei der Ausarbeitung des Fragebogens die Ursache der Unglücksfälle zunächst zu scheiden in: subjektive (vermeidbare) und objektive (unvermeidbare).

Der Fragebogen soll an jeden einzelnen deutschen Flugplatz versandt werden. In den Jahrbüchern der Gesellschaft soll das Ergebnis zur Veröffentlichung gelangen, ohne daß die Namen der Flieger oder der betreffenden Flugplätze kenntlich sind. Die Herren Euler und Stabsarzt Flemming übernehmen die Ausarbeitung des Fragebogens. Stabsarzt Flemming erweitert den Vorschlag des Obmanns dahin, daß für jeden Flieger ein abgeschlossener Ruheplatz eingerichtet werde, welcher nur dem Flieger und dem Arzte zugänglich sein dürfe.

Geheimrat von Böttinger stellt folgenden Antrag:

Der Unterausschuß der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik empfiehlt der Generalversammlung, den Vorstand zu beauftragen, bei der Leitung von Überlandflügen die Hinzuziehung geeigneter medizinischer Sachverständiger anzuregen, zu deren Benennung die Wissenschaftliche Gesellschaft für Flugtechnik bereit ist. Die Sachverständigen sollen sowohl bei der Feststellung der Bedingungen (Ausschreibung) als bei der Durchführung der Veranstaltung entscheidend mitwirken und im Interesse der sachgemäßen Durchführung dieser Aufgabe Sitz und Stimme in der Oberleitung haben.

Professor Cohnheim führt hierzu aus: Es sei wünschenswert, daß ärztliche Untersuchungen vorgenommen würden, ob Flugschüler sich nach ihrem körperlichen und seelischen Befinden als geeignet erweisen. Weiter sei es wünschenswert, daß auf den Flugplätzen und in den Fliegerschulen physiologische und medizinische Untersuchungen an den Fliegern vor und nach dem Fluge gemacht werden; es werde sich aus diesen Untersuchungen wahrscheinlich die Möglichkeit ergeben, die Leistungsfähigkeit exakter zu beurteilen.

Herr Euler schließt sich diesem Vorschlage an; es sei auch im Interesse der Industrie wünschenswert, festzustellen, welche Leistungsfähigkeit der Mann und die Maschine habe.

Der von Herrn Stabsarzt Flemming ausgearbeitete Fragebogen lautet wie folgt:

Der Unfall war bedingt durch:

A. Störungen der Flugmaschine.

1. Motorschäden.
2. Vergaserbrände.
3. Benzinmangel.
4. Störungen der Steuerung.
5. Störungen am Flugapparat im engeren Sinne.
6. Andere Ursachen.

B. Unrichtiges Verhalten des Führers infolge von:

1. Untauglichkeit,
2. Erkrankung,
3. Ermüdung,
4. anderen Ursachen.

C. Höhere Gewalt.

1. Wind.
2. Gewitter.
3. Landungsgelände.
4. Andere Ursachen.

Beschädigt wurden:

A. Vom Flugzeug:

Material

1. Piloten.
   a) Führer.
   b) Mitfahrende.
2. Flugschüler.
   a) Fluglehrer.
   b) Flugschüler.
   c) Mitfahrende.

Davon tot:

a) Fluglehrer.
b) Piloten.
c) Flugschüler.
d) Mitfahrende.

B. Unbeteiligt:

Material.
Personal.
Davon tot.

Die von Herrn Euler aufgestellte Unfallstatistik lautet wie folgt:

A. Tödliche Unfälle von geprüften Piloten:

1. beim Anfahren auf der Erde,
2. unmittelbar nach dem Abflug,

3. bei Flügen aus einer Höhe von weniger als 50 m,
4. bei Flügen aus großen Höhen,
5. aus dem Gleitflug mit abgestelltem Motor,
6. nach normaler Landung beim Auslauf der Maschine durch schlechtes Gelände,
7. bei Notlandungen,
8. davon Unfälle auf Flugplätzen,
9. auf Überlandflügen.

B. Tödliche Unfälle von Flugschülern:

1. bis 9. wie oben.

C. Unfälle:

1. infolge von Flugmaschinendefekt,
2. infolge von Motorendefekt,
3. infolge von nachweisbaren Nachlässigkeiten bei der Montage,
4. infolge von falscher Behandlung der Steuerung, Unfähigkeit des Piloten, Betriebsstoffmangel, Krankheit, Unwohlsein usw.,
5. infolge schlechten, undurchsichtigen, stürmischen, böigen Wetters.

D. Bei diesen Flügen waren mitgenommene Passagiere

1. tot,
2. verletzt.

E. Tödliche Unfälle, Unfälle und Verletzungen von dritten Personen durch Flugmaschinen bei deren Start oder Landung.

Nach Ansicht von Professor Friedländer sind diese Fragebogen noch dahin zu erweitern, daß zu ermitteln sind: die psychischen Ursachen des Unfalls, der Mißbrauch von Alkohol, von Nikotin usw.

Exzellenz von Haenisch erklärte sich gegenüber dem ersten Vorsitzenden, Herrn Geheimrat von Böttinger, sehr gern bereit, der Anregung des medizinisch-psychologischen Unterausschusses bezüglich der Zulassung von auf dem Gebiete der Luftfahrt erfahrenen Medizinalpersonen auf die einzelnen Flugplätze und der Erteilung besonderer Legitimationen, um die ärztlichen Untersuchungen der Luftfahrer vor und nach dem Fluge vorzunehmen, Folge zu leisten.

Die Generalinspektion des Militär-Verkehrswesens erteilte am 20. November 1913 folgenden Bescheid:

„In Bestätigung Ihrer dankenswerten Anregung vom 20. X. 1913 wird Ihnen ergebenst anheimgestellt, sich gelegentlich wegen Untersuchung von Militärfliegern mit den Fliegerkompagnien unmittelbar ins Benehmen zu setzen. Eine Regelung der Frage im Wege des Befehls oder militärischer Anordnung erscheint nicht angängig, vielmehr muß eine Untersuchung jedesmaliger Vereinbarung mit den betreffenden Offizieren überlassen bleiben."

Die Inspektion des Militär-Luft- und Kraftfahrwesens teilte unterm 3. Dezember 1913 folgendes mit:

„Bezugnehmend auf das Schreiben der G. I. d. M. V. vom 20. I. d. J., in dem eine Untersuchung von Fliegeroffizieren einer Vereinbarung mit dem betreffenden Offizier überlassen bleibt, bitte ich noch, jeweilig vor der Untersuchung das Einverständnis des betr. Herrn Kommandeurs des Fliegerbataillons, dem der betr. Offizier angehört, im Einvernehmen mit dem Herrn Bataillonsarzt einzuholen."

Sitzung vom 21. Dezember 1913.

Geheimrat von Böttinger berichtet über seine Verhandlungen mit Exzellenz von Haenisch. Auf Anregung des Herrn Geschäftsführers Béjeuhr wird vorgeschlagen, daß

1. ein Antrag an den Luftfahrer-Verband gerichtet wird, um die Genehmigung zu erwirken, daß von der W. G. F. zu benennende Ärzte eine Generalerlaubnis erhalten, die Flieger zu untersuchen und die Fragebogen zu führen,
2. eine Abschrift der Schreiben der Generalinspektion des Militär-Verkehrswesens und der Inspektion des Militär-Luft- und Kraftfahrwesens an Herrn Geheimrat Zuntz, Stabsarzt Dr. Flemming, Stabsarzt Dr. Koschel und Dr. Halben zu ihrer Legitimation übersandt wird. Die beiden Stabsärzte insbesondere werden sich mit den in Betracht kommenden militärischen Flugplätzen und den Bataillonsärzten in Verbindung setzen.
3. Der Stabsarzt Dr. Flemming erklärt sich bereit, Herrn Béjeuhr die Listen der Bataillonsärzte zuzusenden, damit diesen Herren die Fragebogen zugänglich gemacht werden.

Am 2. Januar 1914 richtete Herr Geheimrat von Böttinger ein Schreiben an Seine Exzellenz den Generalstabsarzt der Armee Herrn Prof. von Schjerning, worin Seiner Exzellenz von den Antworten der militärischen Behörden Mitteilung gemacht und er gebeten wird, gemäß diesem Bescheide den ärztlichen Mitgliedern des Ausschusses und den Bataillonsärzten die angeregten Untersuchungen zu gestatten. Dasselbe Schreiben wurde an den Generalarzt Herrn Dr. Schultzen gerichtet.

Der Deutsche Luftfahrer-Verband hat dem Antrage des Ausschusses, einigen von der W. G. F. zu benennenden Ärzten eine Generalerlaubnis zu erteilen, die dem Deutschen Luftfahrer-Verband unterstellten Flugplätze zu betreten, stattgegeben. Die Herren werden von dem Luftfahrer-Verband durch ein besonderes Abzeichen kenntlich gemacht werden.

Das von dem Unterausschuß für medizinische und psychologische Fragen ausgearbeitete Merkblatt lautet wie folgt:

„Zur Vollführung eines erfolgreichen Fluges empfiehlt es sich, nachfolgende Gesichtspunkte zu beobachten:

Der Flieger schütze sich vor Erkältungen, denn die Schleimhäute der Nase, der Augen, der Ohren und des Rachens müssen frei bleiben von jeder Erkrankung.

Vor Flügen und während derselben sind schwer verdauliche, Blähungen erzeugende Speisen und die Aufnahme größerer Flüssigkeitsmengen zu vermeiden. Auf Entleerungen der Blase und des Darmes unmittelbar vor dem Fluge ist zu achten. (Mitnahme eines genügend langen Schlauches zum Wasserlassen.)

Empfohlen wird die Mitnahme von heißem Kaffee oder Tee in Thermosflaschen, ungesüßten Cakes, Milchschokolade und Kolapräparaten (Kola-Lezithin-Schokolade), zur Bekämpfung der Trockenheit in der Mundhöhle getrocknete Pflaumen, Kaugummi.

Gewarnt wird vor alkoholischen Getränken vor dem Fluge und während der ganzen Dauer desselben. Werden Hochfahrten beabsichtigt, so ist die Mitnahme von Sauerstoff in genügenden Mengen unerläßlich.

Von Beruhigungsmitteln, welche die Leistungsfähigkeit des Fliegers nicht beeinträchtigen, und die bei Schlafstörungen oder stärkeren Erregungen in Betracht kommen, nennen wir Bromsalze, von denen innerhalb 24 Stunden 3—4 g, in genügender Flüssigkeit gelöst, genommen werden können. Vorübergehend kann eine Dosis von 2—3 g unmittelbar vor dem Zubettgehen eingenommen werden.

Es wird nur der Vollständigkeit halber auf die Notwendigkeit hingewiesen Augen, Ohren und Haut zu schützen (Einfettung des Gesichts, besonders der Augenlider mit Zinksalbe in ganz dünner Schicht; Zeozonsalbe), warme Kleidung anzuziehen (wollene Bauchbinde; Handschuhe aus Hasenwolle, welche an der Außenseite mit weichem Leder überzogen sind, auch eine seidene Schlauchmütze für den Kopf mitzunehmen), bequeme, vorn nicht zu eng gebaute Schuhe zu tragen und für eine gute Unterstützung der Füße und der Arme zu sorgen, um stärkere Ermüdung derselben zu vermeiden.

Körperliches Behagen, Bewahrung des seelischen „Gleichgewichts" gewährleisten am sichersten die Vollführung eines glücklichen Fluges.

Auf Anregung des Vorstandes der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik wurde Professor Friedländer dem Organisationsausschuß des Prinz-Heinrich-Fluges 1914 zugesellt. Professor Friedländer hat den Sitzungen des Organisationsausschusses beigewohnt und Gelegenheit genommen, die bezüglichen Beschlüsse des Unterausschusses zur Sprache zu bringen. Der Organisations-Ausschuß, besonders sein Vorsitzender, Herr Oberstleutnant Freiherr von Oldershausen, hat die bezüglichen Anregungen in weitgehendster und dankenswerter Weise unterstützt. Das Merkblatt wird sämtlichen Fliegern zugesandt und die Herren gebeten werden, die ärztlichen Bestrebungen, Untersuchungen usw. betreffend, nach Tunlichkeit zu unterstützen. Der Frankfurter Verein für Luftfahrt hat sich gleich bereit erklärt, für Ruhehallen Sorge zu tragen.

Überblickt man das Arbeitsgebiet des Medizinisch-Psychologischen Unterausschusses, so ist zu erkennen, daß dasselbe ein vielseitiges und reiches ist, daß es ein weites Feld für ersprießliche Arbeiten enthält. Die bisherigen Leistungen können natürlich nur als erste und schwache Versuche, als Grundlagen für eine weitere, hoffentlich fruchtbare Arbeit bezeichnet werden. Darüber, daß diese auf eine straffe Zentralisation hinauslaufenden Bemühungen sowohl von großem praktischen als allgemein wissenschaftlichen Werte sind, besteht heute kein Zweifel mehr. Sowohl die in Betracht kommenden militärischen Behörden wie der Luftfahrerverband, die einzelnen sportlichen Vereine und vor allem die Flieger selbst sind für die Mitarbeit gewonnen. Die immer zahlreicher werdenden Veröffentlichungen beweisen die Bedeutsamkeit der in dem vorstehenden Protokoll nur andeutungsweise wiedergegebenen Gesichtspunkte und neuartigen Probleme.

Bericht des Unterausschusses zur Vereinheitlichung der Fachsprache.

Von

Prof. Dr. **Eugen Meyer**-Charlottenburg.

Der Unterausschuß für Vereinheitlichung der Fachsprache ist in der Sitzung des Wissenschaftlichen Ausschusses der W. G. F. vom 14. Juli 1912 eingesetzt worden mit der Aufgabe, in der Praxis gebräuchliche Ausdrücke mit den unter Wissenschaftlern üblichen in Einklang zu bringen und, wenn nötig, neue Ausdrücke zu schaffen, außerdem Einheiten und Formelzeichen für die mathematische Darstellung der Lehren der Flugtechnik festzulegen.

Die erste Sitzung des Unterausschusses fand am 16. März 1913 statt. Hierzu lag ein Vorschlag des Sprachenausschusses des deutschen Luftfahrerverbandes vor, der dahin lautete, der Unterausschuß solle sich auf die Aufgabe, Einheiten und Formelzeichen festzulegen, beschränken und die anderen oben genannten Aufgaben dem Sprachenausschuß überlassen, dafür aber eine Anzahl Mitglieder des Unterausschusses in den Sprachenausschuß des D. L. V. als ordentliche Mitglieder abordnen. Gegenüber diesem Vorschlag beschloß der Unterausschuß, selbständig in seine Arbeiten einzutreten, hierbei aber die Arbeiten des Sprachenausschusses des D. L. V., die in der Deutschen Luftfahrer-Zeitschrift, Jahrgang 1912 Nr. 20, unter der Aufschrift „Einheitliche Fachausdrücke im Flugwesen“ niedergelegt sind, zu berücksichtigen und außerdem sich die verdienstvollen „Vorschläge für einheitliche Fachausdrücke in der Flugtechnik“ des Herrn Prof. Dr.-Ing. F. Bendemann in der Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt 1910 zunutze zu machen. Die Arbeiten des Unterausschusses sollen damit beginnen, daß alle in den beiden genannten Druckschriften enthaltenen Fachausdrücke in einer Liste zusammengestellt werden, die den Mitgliedern des Unterausschusses zugesandt wird, damit sie sich zu diesen Vorschlägen äußern, gegebenenfalls eigene Vorschläge machen und neues Material beibringen.

Die gemäß diesem Beschlusse an die Mitglieder des Unterausschusses entsandten Listen wurden von 10 Herren mit mehr oder weniger zahlreichen Abänderungsvorschlägen versehen zurückgesandt. Dieses Material hat der Vorsitzende der zweiten Sitzung des Unterausschusses vorgelegt, die am 21. Dezember 1913 getagt hat. In dieser Sitzung nahmen aber zunächst die Erörterungen über den oben erwähnten Vorschlag des Sprachenausschusses des D. L. V., den dieser Ausschuß inzwischen in einem an den Vorstand des D. L. V. gerichteten, der W. G. F. zur Kenntnis überwiesenen Schreiben wiederholt hatte, einen breiten Raum ein.

Gegenüber den Ausführungen des in der Sitzung anwesenden Vorsitzenden des Sprachenausschusses des D. L. V., der dem Unterausschuß als Mitglied angehört und der es für untunlich hielt, daß die W. G. F. eine Arbeit unternehme, die doch von dem Sprachenausschuß des D. L. V. schon geleistet werde, wurde darauf hingewiesen, daß die Ziele dieses Sprachenausschusses und des Unterausschusses der W. G. F. sehr verschieden sind. Ersterer arbeitet für die weiteren Kreise aller derer, die mit der Luftfahrt in Berührung kommen, also auch für das große Publikum;

seine Hauptaufgabe ist es, gute deutsche Ausdrücke an Stelle von Fremdwörtern und solchen, die zu Mißverständnissen Veranlassung bieten, einzuführen. Die Arbeiten des Unterausschusses der W. G. F. sollen aber ausschließlich der Wissenschaft und Technik der Luftfahrt dienen, seine Hauptaufgabe soll es daher sein, die wissenschaftliche Fachsprache, zu der auch die mathematischen Ausdrücke und Bezeichnungen gehören, einheitlich zu gestalten und die hierbei gebrauchten Begriffe genau festzulegen. Dabei muß z. B. oft in die Begriffsbestimmung die Art und Weise mit aufgenommen werden, in der die betreffenden Größen gemessen werden. Diese Arbeit kann aber nur von einer wissenschaftlichen Gesellschaft gelöst werden. Gerade in den Vorschlägen des Sprachenausschusses des D. L. V. (vgl. auch Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt 1913, S. 181), nicht aber in denjenigen des Herrn Prof. Dr.-Ing. Bendemann finden sich manche wissenschaftliche Begriffsbestimmungen und Bezeichnungen, die wissenschaftlich keineswegs einwandfrei sind und bei der Verdeutschung einiger in der Wissenschaft bisher ausschließlich gebrauchter Fremdwörter lassen die dafür gewählten Bezeichnungen darauf schließen, daß Sachverständige bei dieser Verdeutschung nicht mitgewirkt haben. Die Mitglieder des Unterausschusses sind darin einig, daß auch in der wissenschaftlichen Fachsprache gute deutsche Ausdrücke wo irgend möglich anzustreben sind; es wurde aber während der Sitzung von verschiedenen Seiten betont, daß man dem Verdeutschen um jeden Preis und auf Kosten der Richtigkeit und wissenschaftlichen Schärfe entgegentreten müsse. Nach Erörterung aller dieser Umstände wurde ein Antrag, der Unterausschuß solle sich auf die Bearbeitung von Einheiten und Formelzeichen beschränken, von keiner Seite gestellt und so beschloß der Unterausschuß, bei der ursprünglich ihm gestellten, durch das Obige näher erläuterten Aufgabe zu bleiben. Dabei wurde dankbar anerkannt, welch wertvolle Vorarbeit für die Zwecke des Unterausschusses der Sprachenausschuß des D. L. V. und insbesondere Herr Prof. Dr.-Ing. Bendemann geleistet haben. Wenn die Arbeiten des Unterausschusses genügend weit fortgeschritten sind, wird er in denjenigen Punkten, in denen sein Gebiet sich mit demjenigen des Sprachenausschusses berührt, mit diesem gerne eine Verständigung herbeizuführen suchen.

Der vorgeschrittenen Zeit halber war es nicht möglich, in der Sitzung auf die Besprechung der zu den ausgesandten Listen eingelaufenen Vorschläge einzugehen. Es wurde daher eine Kommission, bestehend aus den Herren Bendemann, von Kàrmàn, von Parseval, Prandtl, Reißner, Zimmermann und dem Vorsitzenden gewählt, mit der Aufgabe, diese Vorschläge zu bearbeiten und außerdem neue Vorschläge für die wissenschaftlichen Bezeichnungen und Begriffsbestimmungen, für die Einheiten und Formelzeichen, deren Festlegung erwünscht ist, dem Unterausschuß zu unterbreiten. Mit dieser Arbeit ist die Kommission zurzeit beschäftigt.

Zum Schlusse der Sitzung wurde ein Antrag des Herrn Bendemann angenommen, den Vorstand der W. G. F. zu bitten, beim Reichsamt des Innern vorstellig zu werden, daß bei amtlichen Schriftstücken für das jetzt häufig gebrauchte Wort „Type“ oder „Typ“ das Wort „Baumuster“ oder „Muster“ und demgemäß für das erste Stück einer Reihenherstellung das Wort „Musterstück“ gebraucht werde.

Diesem Antrag hat der Vorstand der W. G. F. stattgegeben und eine entsprechende Eingabe an das Reichsamt des Innern gemacht.

Bericht über die Tätigkeit des Unterausschusses für elektrostatische Fragen.

Von
Dozent Dr. Linke-Frankfurt a. M.

Der Unterausschuß für elektrostatische Fragen ist am 16. März 1913 zusammengetreten und hat bisher drei Sitzungen gehabt: am 16. März und 7. Juni 1913 und am 23. Januar 1914. In dem Ausschuß sind wohl alle Behörden, Gesellschaften, Gelehrte und Ingenieure Deutschlands vereinigt, die sich mit luftelektrischen und reibungselektrischen Fragen, soweit sie die Luftschiffahrt betreffen, beschäftigen, so z. B. das Kgl. Militärversuchsamt, das Torpedo-Versuchskommando und das Torpedo-Laboratorium, das Meteorologisch-Magnetische Observatorium Potsdam, die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt, das Laboratorium der Continental-Caoutchouc- und Gutta-Percha-Co., die Versuchsabteilung des Militärverkehrsamtes, die Radioelektrische Versuchsanstalt für Heer und Marine, das Meteorologisch-Geophysikalische Institut Frankfurt a. M. usw.

Als nächste Aufgaben hatte sich der Ausschuß folgende gestellt:

1. Aufstellung eines Schemas zur Messung der Leitfähigkeit von Ballonstoffen.
2. Detailuntersuchungen und Klassifizierung der Vorgänge bei der elektrischen Zündung von Ballonen.
3. Aufstellung eines Schemas zur Messung der Elektrisierbarkeit von Ballonstoffen.
4. Anlage einer Statistik über Ballonbrände aus elektrischen Ursachen.

Die erste Aufgabe wurde in der Sitzung vom 23. Januar 1914 erledigt, wo ein von Herrn Privatdozent Dr. Dieckmann aufgestelltes Schema zur Messung der Leitfähigkeit von Ballonstoffen angenommen wurde. Die Stoffprobe soll zwischen zwei geerdete Metallringe von 10 cm Durchmesser gelegt werden, in deren Mittelpunkte Elektroden von 1 cm Durchmesser angesetzt werden. Es wird dann der Widerstand zwischen diesen Elektroden sowie zwischen jeder Elektrode und dem umgebenden Metallring gemessen. Die gefundenen Widerstandswerte dürfen nicht höher sein als 10^{12} Ohm bei ca. 20% Luftfeuchtigkeit.

Der Erledigung der zweiten Aufgabe wurde durch eine Diskussion über die Streitfrage nähergetreten, ob ein leitender oder ein nichtleitender Ballonstoff zu bevorzugen sei. Es wurde festgestellt, daß rein theoretisch sowohl ein gut leitender als ein absolut nichtleitender Stoff gefahrlos sei und nur durch teilweise Leitfähigkeit die Gefahr heraufziehe. Da nun ein absolut nichtleitender Stoff technisch undenkbar ist, muß die Frage aus praktischen Rücksichten dahin beantwortet werden, daß gutleitende Ballonstoffe anzustreben sind. Ein solcher wurde von Herrn Weil (C.-C. & G.-P.-Co.) in der Sitzung vom 23. Januar vorgelegt.

Die dritte Aufgabe mußte vorläufig zurückgestellt werden. Hingegen ist die beabsichtigte Anlage einer Statistik der elektrischen Ballonbrände ins Werk

gesetzt. Auf eine Rundfrage in Sportkreisen sind eine große Reihe von Nachrichten eingegangen. Auch die Inspektion des Militär-Luft- und Kraftfahrwesens hat ihr Material zur Verfügung gestellt.

In der nächsten Sitzung will sich der Ausschuß mit rein wissenschaftlichen Problemen beschäftigen.

Bericht über die Tätigkeit des Unterausschusses für konstruktive Fragen.

Von

Prof. Dr.-Ing. **Reißner**-Charlottenburg.

Für die Fragen dieses Ausschusses hat sich dauernd ein großes Interesse in der Gesellschaft gezeigt, und seine Mitgliederzahl hat sich um die Namen der Herren von Kármán-Aachen, von Mises-Straßburg, Pröll-Hannover, Bendemann und Hoff-Adlershof, Dörr-Potsdam, Müller-Breslau-Grunewald, Euler-Frankfurt, Barkhausen-Hannover vermehrt.

Es wurden die Fragen des Festigkeitsnachweises von Flugmaschinen und der technischen Formelwertung von Flugleistungen in verschiedenen Sitzungen besprochen. Betreffend die erste Frage wurde beschlossen, Berechnungsbeispiele für Flugzeugtypen auszuarbeiten. Die Angelegenheit ist aber bis jetzt nur so weit gediehen, daß Herr Madelung eine Durchrechnung einer Doppeldeckerzelle in bezug auf die kombinierte Druck-Biegungs-Beanspruchung der Holme vorlegte, und daß von Herrn Hoff Mitteilungen über die Belastungsproben der Adlershofer Versuchsanstalt, von Herrn von Buttlar über diejenigen der Militärverwaltung gemacht worden sind, die ergeben haben, daß man unsere heutigen 100-km-Apparate als flugsicher bezeichnen kann, wenn sie erst bei tatsächlicher Belastung mit sechsfachem Eigengewicht brechen. Es wurde dabei auf eine gewisse Schwierigkeit bei der Anrechnung des Eigengewichts der Flächen aufmerksam gemacht.

Für die technische Vergleichung der Flugleistungen verschieden starker Maschinen wurde eine Unterkommission gewählt, der vom Luftfahrerverbande das Recht erteilt wurde, allen Flugveranstaltungen von nächster Nähe beizuwohnen und die Ergebnisse der Prüfungen einzusehen.

Die Mitglieder dieser Kommission, die Herren von Mises, Bendemann, Everling, Hoff und Reißner, haben eine Reihe von Veröffentlichungen über dieses Gebiet gemacht und sich an der Organisation des Prinz-Heinrich-Fluges und der Berliner Flugveranstaltungen beteiligt.

Zu einer offiziellen Kundgebung der Wissenschaftlichen Gesellschaft ist es auch hierin zwar noch nicht gekommen, jedoch sind bestimmte Vorschläge in beiden Fragen baldigst beabsichtigt.

Bericht des Ausschusses für Meßwesen.

Auf eine Umfrage, die der Obmann des Ausschusses, Herr Prof. Dr. Wachsmuth, Frankfurt a. M., bei den Mitgliedern erlassen hat, stellte die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt einen Bericht zur Verfügung über:

Einige neue Meßgeräte der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt.

Die Aufgaben der Versuchsanstalt bedingen vielfach die Ausbildung neuer Meßverfahren und Meßgeräte, da man mit den käuflichen nicht auskommt. Über eine Reihe neuer Einrichtungen für Flugzeug- und Motorprüfungen, Windmessungen u. a. ist schon anderweitig berichtet worden[1]). Im folgenden soll eine Übersicht der bisher schon mit Erfolg verwendeten und ein Ausblick auf einige Versuche gegeben werden.

I. Motorprüfung.

Die schleunige Beschaffung guter Einrichtungen zur Prüfung von Flugmotoren drängte sich wegen des ersten Kaiserpreis-Wettbewerbes an die Versuchsanstalt sofort bei ihrer Begründung heran. Die Lösung dieser Aufgabe ist in den Berichten I und II des ersten Jahrbuches der Deutschen Versuchsanstalt ausführlich dargestellt. Bei der außerordentlichen Eile (kaum 3 Monate standen zur Verfügung) und bei dem allgemeinen Mangel an Erfahrungen war es von vornherein unwahrscheinlich, daß die damals geschaffenen Einrichtungen auf die Dauer ausreichten, obwohl sie sich in allen wesentlichen Teilen bewährt haben. Verschiedene Fehlerquellen wurden erst damals klar erkannt (Auspuffreaktion, Drehwirkung des Propellerstrahles auf den Pendelrahmen). Inzwischen sind die Anforderungen an Motorenprüfstände in Deutschland ungemein gestiegen. Den Gleichgang und die Erschütterungsfreiheit der Motoren meßtechnisch zu erfassen, wurde immer wichtiger. Auch bedingte die wachsende Stärke der Motoren (man hat heute auf 200 bis 300 PS zu rechnen) neue, vergrößerte Einrichtungen. Über das Ergebnis wird der Leiter der Motoren-Abteilung, Herr Dipl.-Ing. Seppeler, bei der Dresdener Tagung der W. G. F. ausführlich berichten. Hier mögen die wichtigsten Verbesserungen der neuen Prüfstände gegenüber den früheren Kaiserpreis-Prüfständen kurz gekennzeichnet werden.

Die Drehmomentmessung, der schwierigste Punkt bei Motorprüfungen, beruht nach wie vor auf dem Prinzip des Pendelrahmens. Während dieser aber

---

[1]) Jahrbuch der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, Band I, 1912/13. Zeitschr. f. Flugtechn. u. Motorl. 1914 S. 3 u. 149.

früher frei in dem von der Luftschraube des Motors erzeugten Luftstrome hing und durch dessen Drehwirkung eine die Messung störende Drehkraft empfing, die besondere Nebenversuche und eine darauf beruhende Korrektion bedingte, ist jetzt der Pendelrahmen mit allem Zubehör in das Innere eines zylindrischen, rings geschlossenen, feststehenden Gehäuses gelegt, und nur der auf ihm befestigte Motor ist insoweit dem Luftstrome ausgesetzt, als es seiner Kühlung wegen nötig ist. Die störende Drehkraft ist dadurch auf den unvermeidlichen Mindestbetrag beschränkt, so daß die erforderliche Korrektion und ihre genaue Feststellung in Nebenversuchen bei weitem nicht mehr die gleiche Rolle spielt wie früher.

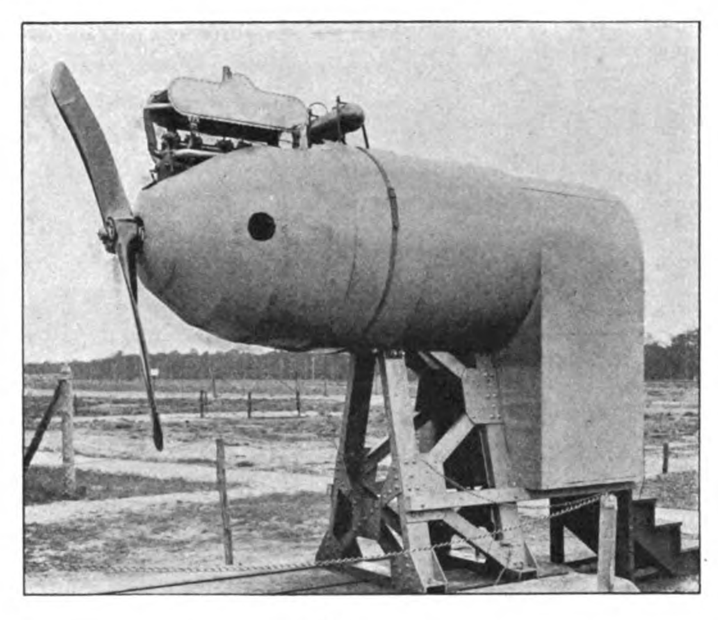


Abb. 1.

Zur Beurteilung der Gleichförmigkeit des Motordrehmomentes ist von Herrn Seppeler eine sehr wichtige Einrichtung getroffen worden: Der mit dem Pendelrahmen verbundene Wägungsarm wirkt auf die eigentliche Wage (Laufgewichtswage) durch Vermittelung einer elastischen Stütze (mit eingeschaltetem pneumatischen Polster). Die Längenänderungen dieser Stütze werden auf ein rasch laufendes Schreibband aufgezeichnet und ergeben ein annähernd richtiges Tangential-Druck-Diagramm, dessen mittlere Höhe gut mit dem Wägungsergebnis übereinstimmt, während die darüber gelagerten Schwankungen jedenfalls qualitativ einen sehr wichtigen Einblick in die Gleichgangsverhältnisse gewähren.

Eine dritte wesentliche Neuerung besteht in elastischer Lagerung des Motors selbst auf dem Pendelrahmen, die aus doppeltem Grunde wichtig ist: Einerseits schützt sie den Motor gegen die Folgen einer ganz starren Aufstellung. Er wird nämlich in seinem Gefüge durch heftige innere Vibrationen sehr ungünstig beansprucht, wenn er den kleinen Schwingungen nicht folgen kann, welche der

niemals ganz vollkommene Massenausgleich bedingt; im Flugzeug ist die entsprechende Nachgiebigkeit durch die Elastizität des Rumpfgerüstes gegeben. Andererseits schützt die elastische Aufhängung des Motors den Prüfstand vor den die Messung sonst immer sehr störenden Erschütterungen. Die Erkenntnis der Wichtigkeit dieses Punktes ist besonders den Arbeiten des Charlottenburger Laboratoriums für Kraftfahrzeuge (Geh. Reg.-Rat Professor Dr. Riedler, Dr.-Ing. Becker) zu verdanken, wo eine pneumatische Lagerung, allerdings in wesentlich anderer Weise, an einem in vieler Hinsicht vorbildlichen, eigenen Prüfstand zum ersten Male planmäßig angewandt wurde.

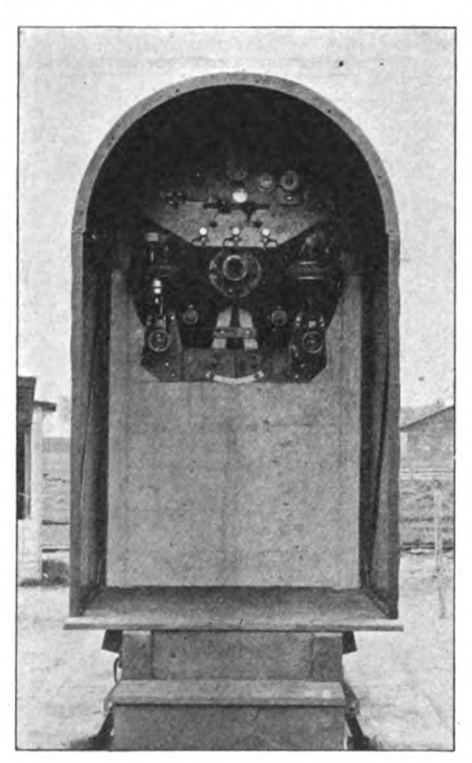


Abb. 2.

Abb. 1 und 2 zeigen die äußere Erscheinung des neuen Prüfstandes der Versuchsanstalt. Man erkennt, wie Motor und Pendelrahmen von dem feststehenden Gehäuse fast ganz umschlossen sind, so daß die Drehkraft des Propellerstrahles nur noch auf die obersten Teile des Motors und (im Fall der Abb.) auf den Kühler wirken kann. Am hinteren Ende des Prüfstandes befindet sich (Abb. 1 rechts) der Beobachtungsraum, dessen Innen-Ansicht Abb. 2 zeigt. Man sieht rechts und links die das Drehmoment auf die Wage übertragenden elastischen Stützen mit dem eingeschalteten Luftpolster (Pneumatik). Auf dem Schaltbrett befinden sich die zur Bedienung notwendigen Instrumente, Hebel, Hähne usw. in übersichtlicher Anordnung.

Das Ganze ist für rasche und bequeme Durchführung zahlreicher eiliger Prüfungen möglichst praktisch ausgebildet. Eine wichtige, auch bei den früheren Prüfständen schon verwendete und in dem Charlottenburger Laboratorium besonders gut durchgebildete Zutat ist noch nicht zu sehen: In der fertigen Aufstellung steht dem Motor gegenüber in Verlängerung der Schraubenachse ein gleichstarker Elektromotor mit drehbarem Magnetgestell zur Abwägung des Drehmomentes, der zu doppeltem Zwecke bestimmt ist:

1. Die vom Flugmotor gelöste, mit dem Elektromotor verbundene Luftschraube kann in nahezu unveränderter Stellung mit gleicher Drehzahl betrieben werden. So erhält man einerseits eine Kontrolle ihrer Leistungsaufnahme und kann andrerseits die vom Winde auf den Motor bzw. Pendelrahmen ausgeübte Drehkraft für sich messen.
2. Man kann den zu prüfenden Motor bei Drehzahlen arbeiten lassen, die er in Verbindung mit seiner Luftschraube sonst überhaupt nicht innehalten kann, weil sich ja die mit der Drehzahl kubisch steigende Arbeitsaufnahme

der Schraube und die Leistungsfähigkeit des Motors in bestimmter Weise gegenseitig bedingen. Dazu wird die Schraube gleichzeitig mit dem Flugmotor auf der einen und dem Elektromotor auf der anderen Seite gekuppelt, und jetzt kann man dank der bequemen Regelbarkeit des Elektromotors dem zu prüfenden Motor ein beliebiges Zusatzdrehmoment zuführen oder ihm auch, indem man den Elektromotor als Dynamo wirken läßt, ein beliebiges Drehmoment entziehen, also jeden gewünschten Betriebszustand herstellen, was für vollständige Untersuchungen sehr vorteilhaft ist.

II. Festigkeitsprüfungen an Flugzeugen.

Um zwischen den Erfordernissen zuverlässiger Festigkeit und genügender Leichtigkeit bei Flugzeugen das richtige Mittel zu finden, haben sich die von der

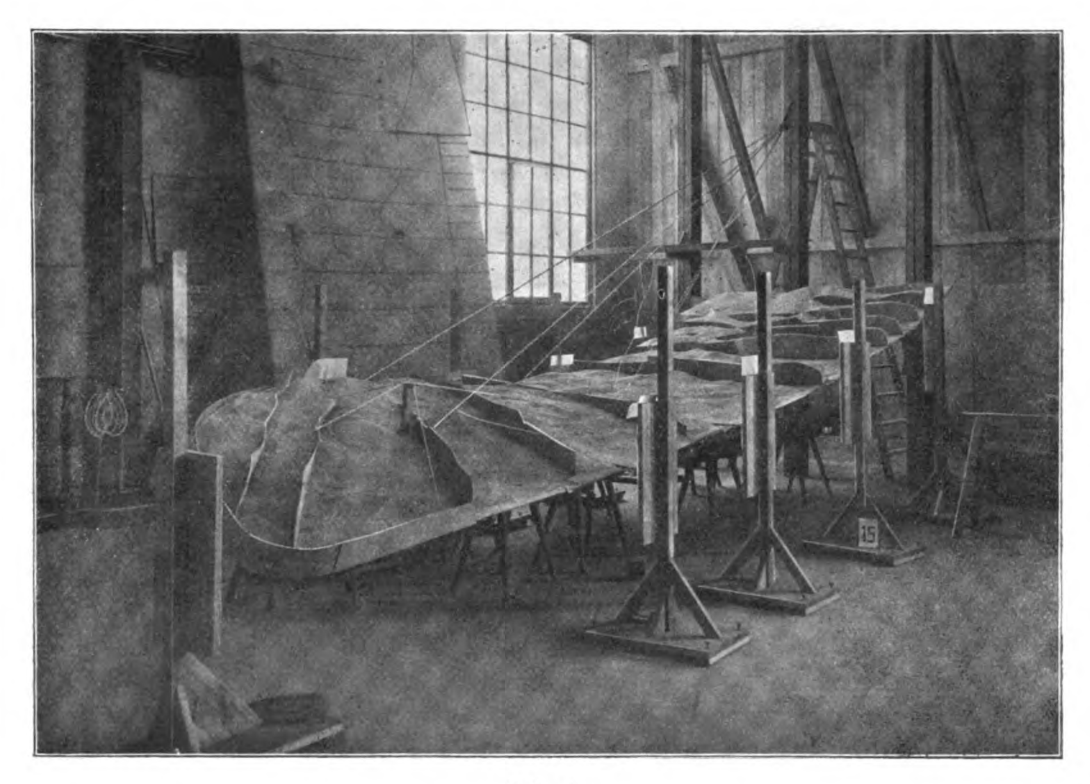


Abb. 3.

Flugzeug-Abteilung geschaffenen Prüfeinrichtungen sehr wertvoll erwiesen. Sie wurden schon im ersten Jahrbuch der Versuchsanstalt kurz beschrieben. Ganze Flugzeuge prüft man bisher, indem man sie auf den Rücken legt, am Rumpf in der Nähe der Hauptlasten kräftigst unterstützt und nun den Luftdruck, der das Flugzeug trägt, dadurch nachahmt, daß man die Flügel bzw. Tragdecken beiderseits gleichmäßig durch aufgebrachten Sand oder ähnlich verteiltes Gewicht immer mehr belastet, bis das als Sicherheitsgrad verlangte Vielfache der Fluglast erreicht

ist, oder bis der Bruch erfolgt. Dabei kommt man mit sehr einfachen Vorrichtungen aus. Die auftretenden Durchbiegungen, die natürlich beobachtet werden, sind so groß, daß es keiner besonderen Präzisionsgeräte bedarf. Da man für solche Probe jedesmal ein vollständiges Flugzeug opfern muß, so ist sie recht kostspielig. Vielfach genügt es aber, sich auf eine Hälfte oder auf einen Flügel zu beschränken. Dazu dient der in Abb. 3 gezeigte Flügelprüfstand, an welchem der Flügel oder die Flügelzelle einer Seite nebst den Verbindungen, die zum Rumpfe führen, der Wirklichkeit gemäß angebracht wird. Der Rumpf selbst und seine inneren Verbindungen werden also nicht mitgeprüft, und insofern ist das Verfahren natürlich unvollständig. Immerhin werden die schwierigsten Punkte dabei erfaßt, die in dem sicheren Flügelverband liegen. Den Rumpf ersetzt ein starres Gestell aus senkrechten Profileisen, das auf schwerem Betonfundament stark verankert ist, um die einseitige Last von mehreren 1000 kg am langen Hebelarm zu tragen. Die Befestigungspunkte der Flügel und ihrer Tragkabel usw. werden an kräftigen Hilfsträgern, Laschen, Bolzen und dgl. sämtlich in genau gleicher gegenseitiger Lage wie am Rumpfe des Flugzeuges angebracht, so daß von diesen Punkten aus die Verhältnisse genau die gleichen sind wie am Flugzeug selbst. Wichtig ist bei allen diesen Prüfungen ein nachstellbarer Unterbau, der mit geringem Spielraum unter den Flügeln steht und bei eintretendem Bruch den zuerst nachgebenden Teil auffängt, so daß nicht gleich das Ganze völlig zusammenbricht. Denn sonst kann man oft gar nicht feststellen, welches Glied zuerst gebrochen ist. So aber kann man sogar oft, wenn z. B. nur ein Spanndraht gerissen ist, den gebrochenen Teil durch einen stärkeren ersetzen und den Belastungsversuch noch weiter fortsetzen, um so noch weitere Gefahrstellen zu entdecken.

Weitere Verfahren sind ausgebildet zur Festigkeitsprüfung der Flugzeugrümpfe, bei denen es auf Verdrehungs-, Biegungs- und Knickfestigkeit des Ganzen ankommt. Auch bei solchen Versuchen reichen verhältnismäßig einfache Einrichtungen fürs erste aus.

III. [Kräftemessungen im fliegenden Flugzeug.

Um auf Grund der Festigkeitsprüfungen den Sicherheitsgrad im Fluge beurteilen zu können, ist es wichtig, die in Wirklichkeit auftretenden Kräfte zu kennen. Durch böige Luftstöße, kurze Wendungen, Gleitflüge usw. werden die Beanspruchungen des Flugzeugverbandes bekanntlich oft weit über das Maß des stetigen, geraden Fluges in ruhiger Luft gesteigert. Um das Maß dieser Steigerung kennen zu lernen, hat die W. G. F. seinerzeit auf Anregung von Prof. Prandtl einen Wettbewerb auf Beschleunigungsmesser ausgeschrieben, dessen Einlieferungstermin nahe bevorsteht. Die Beschleunigungsmesser sollen dazu dienen, die fraglichen Kraftsteigerungen aus den gemessenen Beschleunigungen berechnen zu können. Die Versuchsanstalt hat zum gleichen Zwecke einen anderen Weg eingeschlagen: Durch eingeschaltete Meßinstrumente werden die Zugkräfte in den Tragkabeln des Flugzeuges unmittelbar gemessen und aufgezeichnet. Auch Druckkräfte wird man nach gleichem Verfahren in ähnlicher Weise messen können, wenn dafür noch ein Bedürfnis bestehen sollte.

In Frankreich sollen derartige Kraftmessungen schon früher versucht worden sein. Man bediente sich dabei einer Art von Meßdosen in Verbindung mit Schreibmanometern. Die zu messende Kraft wirkt durch die Kautschukmembran der Meßdose auf eine den Druck zum Manometer übertragende, dicht eingeschlossene Flüssigkeit. Diesem Verfahren haften manche Schwierigkeiten an, denen es zuzuschreiben sein wird, daß man über gute Ergebnisse solcher Versuche noch nichts gehört hat. Jede geringste Undichtigkeit und jede kleine Luftblase in dem Flüssigkeitsraum verursacht große Fehler. Jede Wärmedehnung ändert den Nullpunkt des Manometers. Dieses selbst — gewöhnlich ein Bourdonmanometer — ist gegen die vom Motor ausgehenden Erschütterungen schwer zu schützen. Es bedarf einer umständlichen Aufhängung, sonst schreibt es breit verschwommene Linien. Die Membran und das Manometer bedürfen oft zu wiederholender Eichung.

Wesentlich zuverlässiger sind an Stelle der Membran geschliffene Stahlkolben, wie sie z. B. bei dem Prandtlschen Propellerprüfwagen[1]) benutzt werden. Auch dabei hat man aber noch eine abgeschlossene Flüssigkeitsmenge. Die unvermeidlichen Undichtigkeiten der Kolben bedingen häufiges Nachfüllen und sorgfältige Beachtung des Füllungszustandes bei längeren Versuchen, und, da nur sehr geringe Volumänderungen zulässig sind, ist man auch hier noch auf Manometer angewiesen. Zur Verwendung im Flugzeug schien auch dieses Verfahren nicht geeignet.

Die Versuchsanstalt hat deshalb einen neuen Weg betreten.

Die von Prof. Bendemann angegebene „gesteuerte Meßdose" beruht auf folgendem Gedanken: Der Meßkolben, welcher die zu messende Kraft aufnimmt, ist mit einem Schieber verbunden bzw. selbst als solcher ausgebildet und eröffnet dadurch den Zufluß oder Abfluß einer angeschlossenen Druckölleitung im einen oder anderen Sinne, sobald er sich bei gestörtem Gleichgewicht aus seiner Mittellage bewegt. Er wird dadurch immer wieder in die mittlere Lage zurückgeführt und in dieser im Gleichgewicht erhalten, unabhängig von Volumenänderungen und dgl.

Die Vorteile der hydraulischen Druckübertragung sind also beibehalten (Dämpfung). Die Flüssigkeitsfüllung ist aber nicht abgeschlossen, sondern sie ergänzt sich fortwährend selbsttätig, so daß Undichtigkeiten ganz ohne Einfluß sind. Man kann auch mit undichten Kolben beliebig lange Versuche ohne jede Nachhilfe ausführen, und man kann statt der Manometer Indikatoren verwenden, also eine für die Registrierung wechselnder Drücke besonders gut ausgebildete Gattung von Druckmeßgeräten. Das Verfahren scheint auf den ersten Blick etwas umständlich; im Gebrauch ist es aber sehr einfach, besonders wenn man die gleichzeitige Ausführung mehrerer solcher Messungen im Auge hat. Dann ist nämlich die etwas unbequeme Zutat, die Ölpumpe bzw. der Druckölvorratsbehälter, welcher das selbsttätige Nachfüllen zu besorgen hat, nur einfach, für alle Meßstellen gemeinsam, mitzunehmen.

Das Verfahren ist sehr vielseitig anwendbar, wie verschiedene, weiterhin noch zu besprechende Geräte zeigen. Zunächst handelt es sich um die „Seilzugmesser" zur Spannungsmessung in den Flugzeugkabeln. Abb. 4 zeigt schematisch die von Dr.-Ing. Hoff entworfene, sehr gut bewährte Vorrichtung, durch welche der

[1]) S. Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt 1910, S. 32.

zu messende Seilzug auf die Meßdose wirkt: Das Seil wird mit leichtem Knick ohne sonstige Veränderung über 3 Rollen geführt, deren mittlere auf dem Kolben ruht. Die vom Kolben aufzunehmende Kraft P ist somit nur ein Bruchteil der Seilspannung S, nämlich unter Vernachlässigung des endlichen Durchmessers der Rollen

$$P = 2\,S \cdot \sin \alpha.$$

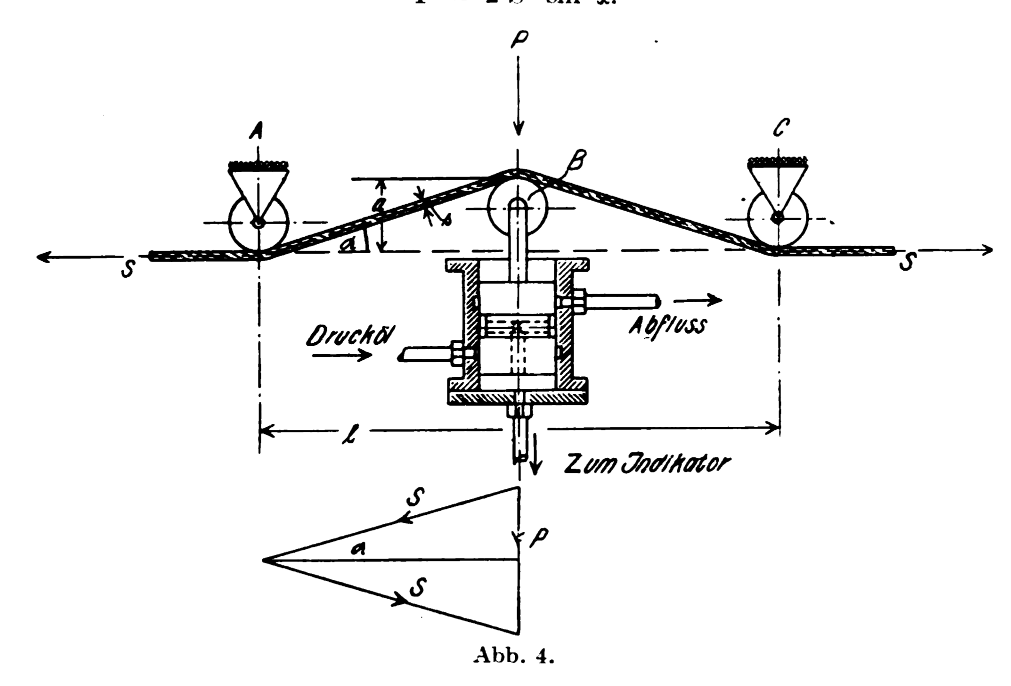


Abb. 4.

P ist proportional der Seilspannung, solange der Seilknick sich gleichbleibt. Dies ist aber der Fall, da die Meßdose die auch für andere Messungen sehr wesentliche Eigenschaft besitzt, daß die Kolbenlage bei allen Lasten praktisch unveränderlich ist. Die immerhin vorhandene Verschiebung des Kolbens zwischen Nullast und größter Last ist bei peinlicher Ausführung und Einstellung von der Größenordnung 0,08 ÷ 0,13 mm.

Das Instrument muß natürlich durch Gewichtsbelastung geeicht werden. Um festzustellen, ob auch veränderliche Kräfte in ihrem zeitlichen Verlauf richtig angezeigt werden, wurde folgendes Verfahren eingeschlagen: Die Seilspannung wurde nicht wie bei der statischen Eichung durch Gewichte erzeugt, sondern durch den Zug einer geeichten Feder. Diese Feder wurde nun in beliebiger Weise gespannt und entspannt. Auf einem gleichmäßig bewegten Papierstreifen wurde gleichzeitig die Dehnung der Feder und die Indikatorangabe aufgezeichnet. Durch einen Vergleich des Federdehnungsdiagrammes mit dem Indikatordiagramm ergab sich ein Vergleich zwischen der wahren Seilspannung und der durch das Instrument gemessenen. Es zeigte sich, daß auch sehr rasche Kraftänderungen vollkommen befriedigend angezeigt werden[1]).

---

[1]) Vgl. hierzu Hoff: Neue aufzeichnende Kraftmeßgeräte und einige Messungen im Flugzeug. Zeitschr. f. Flugtechn. u. Motorl. 1914, S. 3.

Abb. 5 zeigt die Ansicht eines Spannungsmessers für Tragkabel, Abb. 6 eines solchen für Steuerkabel. Bei beiden ist ein ganz leichter und dabei doch sehr steifer

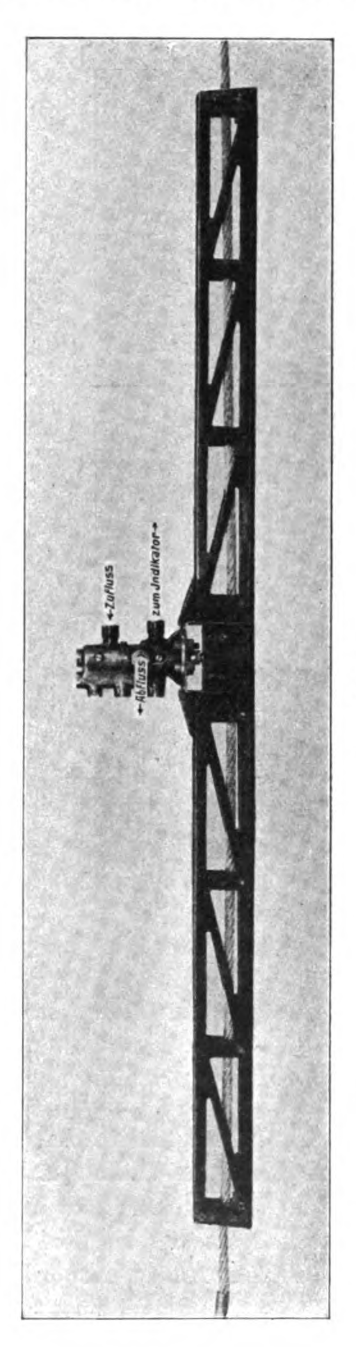


Abb. 5.

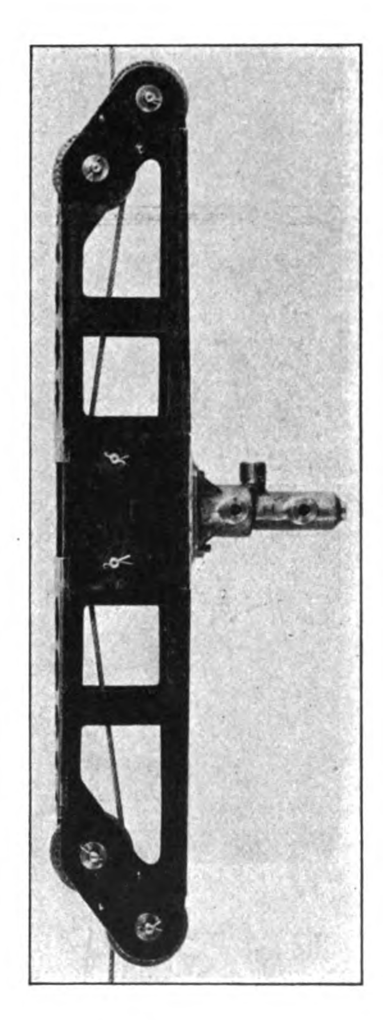


Abb. 6.

Blechrahmen und die gleiche Meßdose verwendet, deren Gewicht etwa 470 g beträgt.

Aus Abb. 7 ist zu erkennen, wie die Instrumente im Flugzeug angebracht werden, und zwar handelt es sich in diesem Falle um die Messung der Spannungen in den beiden Haupttragkabeln einer Albatrostaube[2]). Abb. 8 zeigt das ganze



Abb. 7.

Flugzeug. Man gewahrt außen am Rumpf an der Backbordseite den Druckölbehälter, der in diesem Falle wegen Platzmangels nicht innerhalb des Rumpfes Platz finden konnte. Ferner erkennt man an der Brücke des Backbordflügels die Druckscheibe eines registrierenden Geschwindigkeitsmessers, der bei den Versuchsflügen zur Aufzeichnung der Fluggeschwindigkeit diente. Am Steuerbordflügel ist ein Venturirohr zu sehen, das zu einem andern Geschwindigkeitsmesser gehört, über den weiter unten berichtet wird.

---

[2]) Vgl. Hoff: Ermittlung der Seilkräfte in Flugzeugtragkabeln während des Fluges. Zeitschr. f. Flugtechn. u. Motorl. 1914, S. 149.

In Abb. 9 ist ein charakteristisches Stück aus einem bei einem Versuchsflug aufgenommenen Originaldiagramm wiedergegeben. Es zeigt zunächt die Kabel-

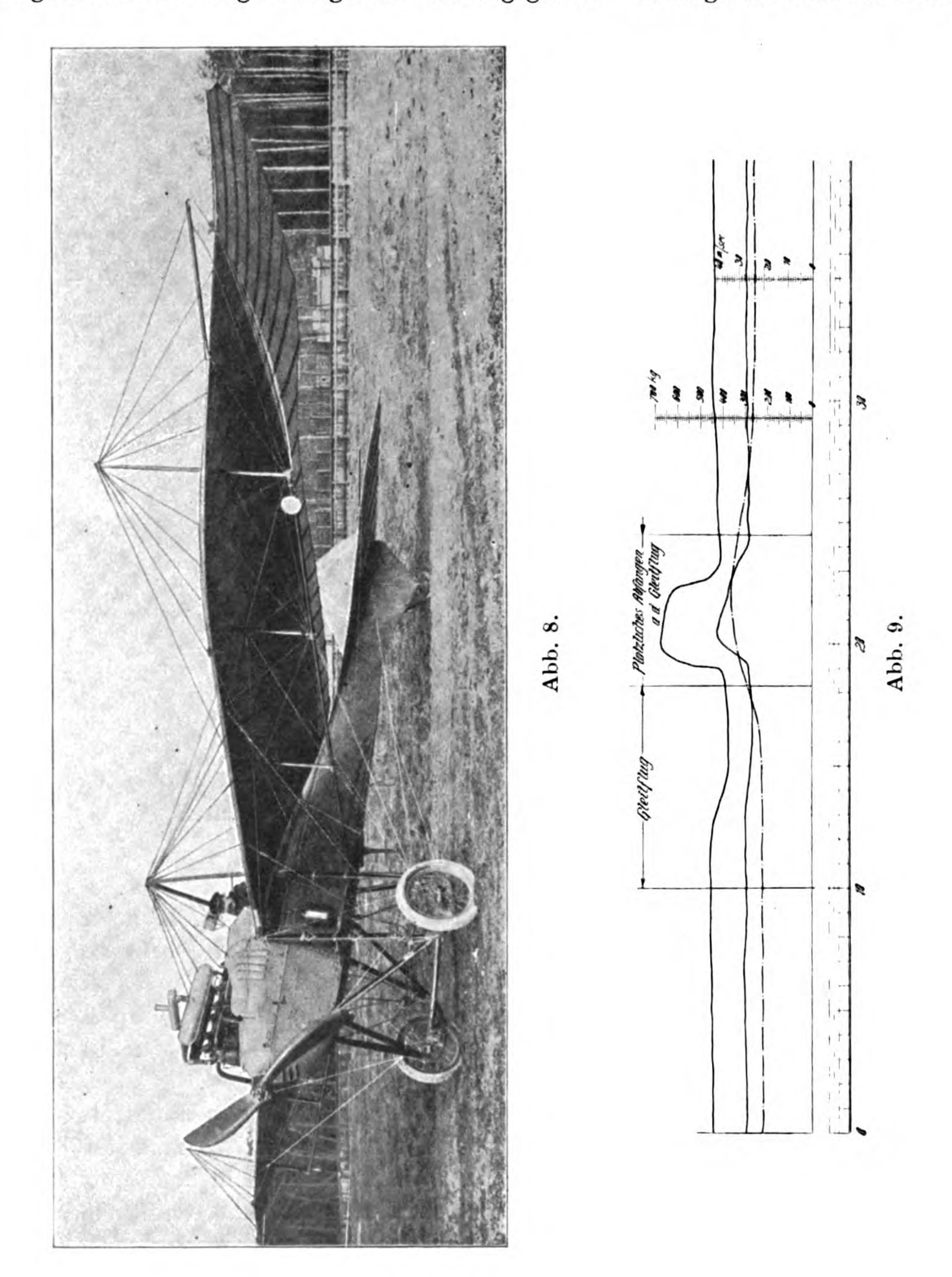


Abb. 8.

Abb. 9.

spannungen (die ausgezogenen Linien) während des geraden Fluges. Weiter erkennt man, wie im Gleitflug die Spannungen nicht unwesentlich abnehmen, und wie sie beim plötzlichen Abfangen aus dem Gleitflug sehr stark ansteigen. Bei den

Versuchen hat sich ergeben, daß die Kabelspannungen unter Umständen bis auf den nahezu zweifachen Betrag der im normalen Flug auftretenden Spannung anwachsen können, etwa beim Abfangen aus steilem Gleitflug, bei starken Böen usw.

IV. Geschwindigkeitsmessung im Flugzeug.

Den schon genannten registrierenden Geschwindigkeitsmesser, der ebenfalls von Dr.-Ing. Hoff stammt, zeigt Abb. 10. Er stellt eine weitere Anwendung der gesteuerten Meßdose dar. Der auf die Scheibe wirkende Winddruck wird unmittelbar durch eine Meßdose von sehr kleinen Abmessungen aufgenommen und von einem Indikator ganz ebenso wie die Seilkräfte auf das gleiche Papierband aufgezeichnet (in Abb. 9 die strichpunktierte Linie). Die Meßdose hat sich auch in dieser Anwendung sehr gut bewährt. Sie wird deshalb auch noch für weitere Zwecke Anwendung finden können.

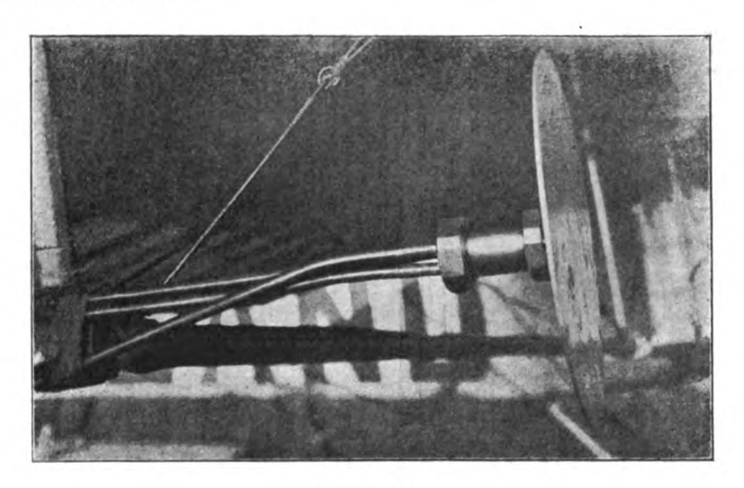


Abb. 10.

Für andere Zwecke sind Registrierinstrumente oft zu umständlich. Dagegen besteht ein Bedürfnis, die Ablesungen sogleich auf die wirklichen Geschwindigkeitswerte zu reduzieren, die bei den einfachsten, manometrischen Geschwindigkeitsmessern zunächst durch die Änderungen des Luftdruckes und der Temperatur bedingt sind. Ein sehr handliches Instrument hierfür ist von Dr. Fuhrmann angegeben und hergestellt worden.

Die relative Luftgeschwindigkeit wird in bekannter Weise durch eine Venturidüse gemessen, deren Druckdifferenz auf ein Flüssigkeitsmanometer wirkt. Bei gleicher Geschwindigkeit wird nun der Flüssigkeitsfaden in dem Manometerschenkel um so niedriger stehen, je geringer der Luftdruck und je höher die Lufttemperatur ist, mit anderen Worten, je geringer das spezifische Gewicht der Luft ist. Denn der zu messende Druckunterschied ist gegeben durch die Gleichung

$$p = C \cdot \gamma \cdot v^2,$$

worin C eine der Düse oder dem Staurohr eigene Konstante, γ das spezifische Gewicht der Luft und v die Luftgeschwindigkeit bedeutet.

Neigt man nun aber den Schenkel genügend, so kann man wieder die gleiche Länge des Flüssigkeitsfadens herstellen. Es läßt sich also für jedes spezifische Gewicht der Luft bzw. für jeden Wert von Luftdruck und Temperatur eine be-

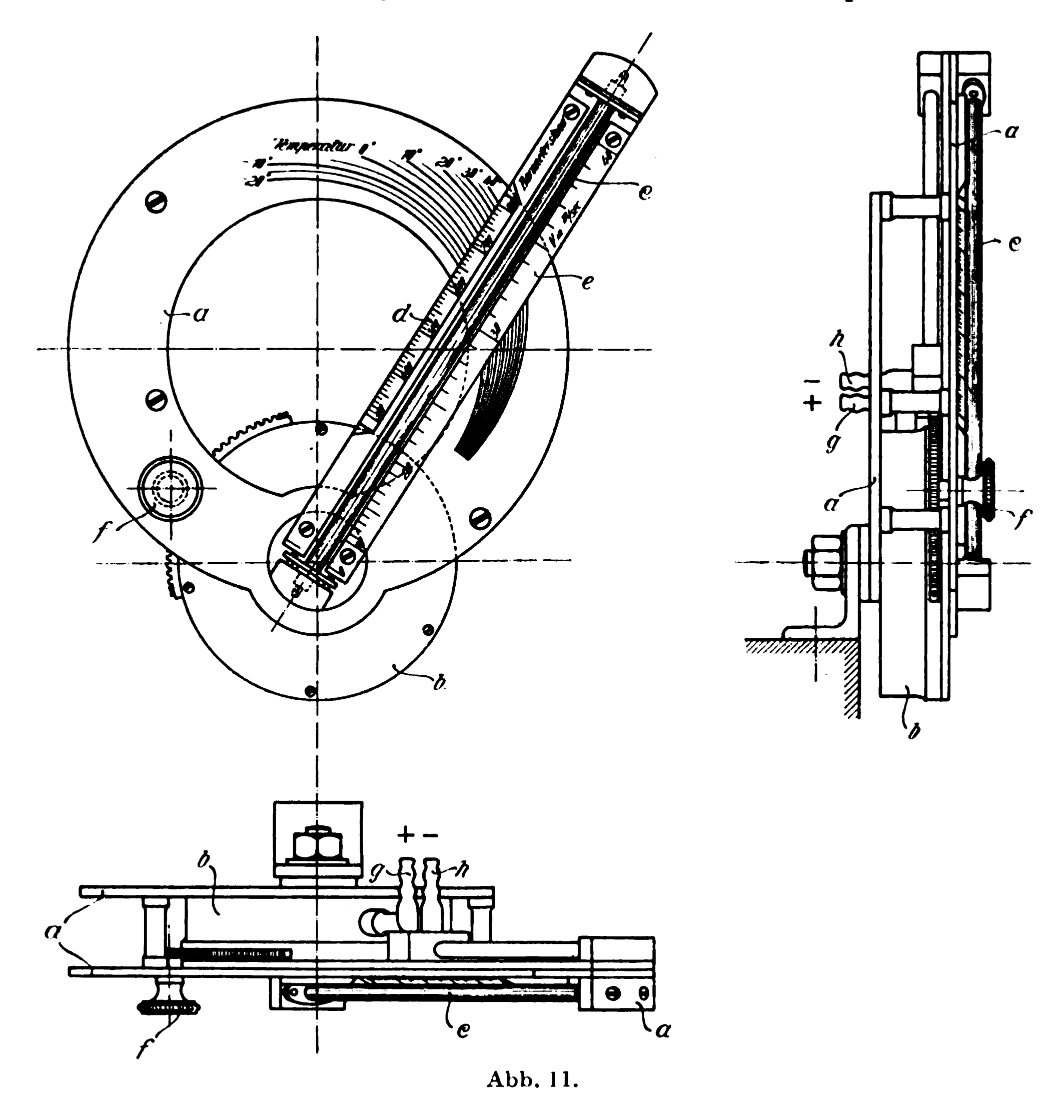


Abb. 11.

stimmte Neigung des Schenkels angeben, bei der einer bestimmten Geschwindigkeit immer die gleiche Länge des Flüssigkeitsfadens entspricht. Fuhrmann hat nun die Anordnung so getroffen, daß er auf dem zu neigenden Schenkel eine Skala der Barometerstände und auf einer dahinter befindlichen festen Scheibe eine Kurvenschar für die Temperaturen aufträgt (Abb. 11). Der Schenkel wird dann so eingestellt, daß der für den jeweilig herrschenden Barometerstand geltende Teilstrich auf die für die jeweilige Temperatur geltende Kurve zu liegen kommt; der Schenkel hat dann die für das betreffende Luftgewicht geltende Neigung, und an einer zweiten, am Schenkel angebrachten Skala kann man dann unmittelbar die

Geschwindigkeit in m/sec ablesen. Die in Abb. 11 gezeichnete Stellung gilt also z. B. für 650 mm und -20^0, oder für 700 mm und $+1^0$, oder für 750 mm und $+18^0$ usw., mit anderen Worten: für ein Luftgewicht von

$$\gamma = \frac{1{,}293 \cdot 273}{760} \cdot \frac{b}{(273 + t)} = 1{,}19.$$

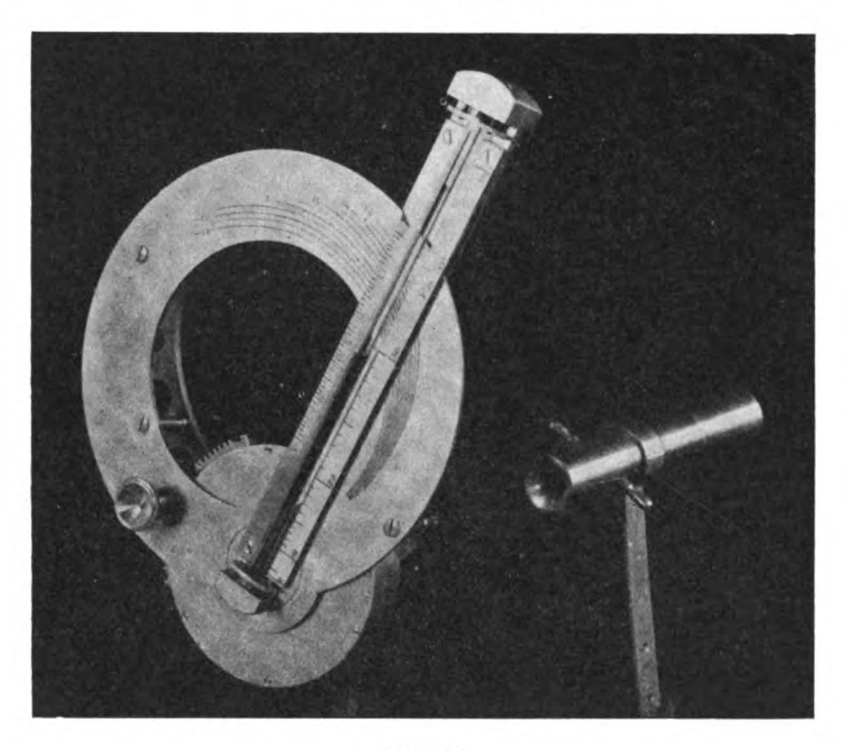


Abb. 12.

Abb. 12 zeigt die Ansicht des Instrumentes mit dem Venturirohr.

Zunächst ist es für Laboratoriumszwecke zur genauen Ermittelung von Fluggeschwindigkeiten entstanden; es soll aber weiter auch für den praktischen Flugbetrieb geeignet durchgebildet werden.

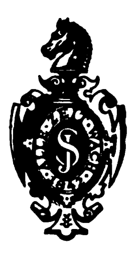
Die sämtlichen beschriebenen Instrumente, unter denen hauptsächlich die Meßdosen eine außerordentlich peinliche Ausführung erfordern, sind in den eigenen Werkstätten der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt hergestellt.

Druck der Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke), Berlin und Bernau.

Jahrbuch der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt

III. Band

Kriegsjahr 1914/15



Berlin
Verlag von Julius Springer
1915

Druck der Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin und Bernau.

Inhaltsverzeichnis.

1. Lieferung.

Geschäftliches. Seite
I. Gesamtvorstand 1
II. Geschäftsführender Vorstand; Geschäftsstelle usw. 1
III. Wissenschaftlich-Technischer Ausschuß 2
IV. Unterausschüsse 3
V. Mitglieder 7
VI. Satzung 18
Kurzer Versammlungsbericht
1. Zwischen der zweiten Hauptversammlung und der dritten Hauptversammlung 1914. 24
2. Verlauf der III. Ordentlichen Mitgliederversammlung 25
Geschäftssitzung 37
Vorträge der III. Ordentlichen Mitgliederversammlung 1914:
„Die technischen Hochschulen im Dienste der Flugtechnik". Se. Magnifizenz Prof. Otzen, Rektor der Technischen Hochschule Hannover. 56
„Über die Aufrechterhaltung des Gleichgewichts beim Vogelflug". Prof. Otto Cohnheim, Hamburg-Eppendorf 58
Diskussion zu diesem Vortrag 61
„Über eine Versuchseinrichtung zur kinematographischen Messung der Schwingungen freifliegender Modelle". Dipl.-Ing. H. G. Bader, Ingenieur beim Stabe des Fliegerbataillons 4, Straßburg i. E. 65
„Untersuchungen an Luftschrauben am Stand und in der Fahrt beim Luftschiffbau Zeppelin". Dipl.-Ing. Freiherr von Soden-Fraunhofen, Friedrichshafen a. B. 74

2. Lieferung.

Vorträge der III. Ordentlichen Mitgliederversammlung 1914:
„Zur Festlegung einiger aeromechanischer Begriffe". Professor R. Knoller, Wien 103
Diskussion zu diesem Vortrag 109
„Längsstabilität und Längsschwingungen von Flugzeugen". Prof. Dr. von Kármán, Aachen, mit Beiträgen von Dr. Trefftz, Aachen 116
Diskussion zu diesem Vortrag 138
„Das Indizieren von Flugmotoren". Geheimer Hofrat Prof. Scheit, Dresden . 163
Ergänzungsreferat hierzu: Dr.-Ing. Mader, Aachen 165
Diskussion zu diesen Vorträgen 168
„Über Flugmotorenuntersuchungen". Dr.-Ing. Freiherr von Doblhoff, Tribuswinkel (Niederösterreich) 171
Ergänzungsreferat hierzu: Dipl.-Ing. Seppeler, Adlershof 177
Diskussion zu diesen Vorträgen 184

Jahrbuch der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt

III. Band 1914

1. Lieferung



Berlin
Verlag von Julius Springer
1914

Inhaltsverzeichnis.

Geschäftliches. Seite

I. Gesamtvorstand 1

II. Geschäftsführender Vorstand; Geschäftsstelle usw. 1

III. Wissenschaftlich-Technischer Ausschuß 2

IV. Unterausschüsse 3

V. Mitglieder 7

VI. Satzung 18

Kurzer Versammlungsbericht

1. Zwischen der zweiten Hauptversammlung und der dritten Hauptversammlung 1914 24

2. Verlauf der III. Ordentlichen Mitgliederversammlung 25

Geschäftssitzung 37

Vorträge der III. Ordentlichen Mitgliederversammlung 1914:

„Die technischen Hochschulen im Dienste der Flugtechnik". Se. Magnifizenz Prof. R. Otzen, Rektor an der Technischen Hochschule Hannover 56

„Über die Aufrechterhaltung des Gleichgewichts beim Vogelflug". Prof. Dr. Otto Cohnheim, Hamburg-Eppendorf 58

Diskussion zu diesem Vortrag 61

„Über eine Versuchseinrichtung zur kinematographischen Messung der Schwingungen freifliegender Modelle". Dipl.-Ing. H. G. Bader, Ingenieur beim Stabe des Fliegerbataillons 4, Straßburg i. E. 65

„Untersuchungen an Luftschrauben am Stand und in der Fahrt beim Luftschiffbau Zeppelin". Dipl.-Ing. Freiherr von Soden-Fraunhofen, Friedrichshafen a. B. 74

Wir möchten an dieser Stelle die ganz besondere Bitte an die verehrlichen Mitglieder richten, uns vor der nächsten Versammlung die Adressen aller in Frage kommenden ihnen bekannten Stellen gütigst mitteilen zu wollen, damit die Einladungen möglichst vollständig ergehen. Diese Adressenangabe ist uns auch deshalb von großem Wert, weil wir hierdurch die rege Werbetätigkeit der Mitglieder, die unbedingt nötig ist, am besten unterstützen zu können.

I. Gesamtvorstand:

Ehrenvorsitzender:

SEINE KÖNIGLICHE HOHEIT
PRINZ HEINRICH VON PREUSSEN,
Dr.-Ing.

3 Vorsitzende:

Geheimer Regierungsrat Dr. von Böttinger, Mitglied des Herrenhauses, Elberfeld,
Professor Dr. Dr.-Ing. von Parseval, Major z. D., Charlottenburg,
Professor Dr. Prandtl - Göttingen.

Beisitzer:

Professor Dr.-Ing. Bendemann - Adlershof, Deutsche Versuchsanstalt, Geheimer Regierungsrat Professor Dr.-Ing. Barkhausen - Hannover, Fabrikbesitzer August Euler - Frankfurt a. M., Geheimrat Professor Dr. Finsterwalder - München, Exzellenz von der Goltz, Generalleutnant z. D., Berlin, Bankier Hagen - Berlin, Professor Dr. Hartmann - Frankfurt a. M., Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Hergesell - Lindenberg (Kreis Beeskow), Exzellenz Freiherr von Lyncker, General d. Inf. z. D., Berlin, Exzellenz Merten, Vize-Admiral z. D., Berlin, Exzellenz Naumann, Wirklicher Geheimer Rat, Ministerialdirektor, Dr., Berlin, Exzellenz von Nieber, Generalleutnant z. D., Berlin, Werftbesitzer Max Oertz-Hamburg, Professor Dr.-Ing. Reißner - Berlin, Se. Magnifizenz Professor Romberg, Rektor der Technischen Hochschule Charlottenburg, Geheimer Hofrat Professor Scheit - Dresden, Geheimer Regierungsrat Professor Schütte - Danzig-Langfuhr, Graf Adalbert von Sierstorpff - Berlin, Wirklicher Geheimer Oberbaurat Dr. Veith, Abteilungschef im Reichs-Marine-Amt, Berlin, Professor Dr. Wachsmuth, Rektor der Akademie, Frankfurt a. M., Wirklicher Geheimer Oberbaurat Dr.-Ing. Zimmermann - Berlin.

Kommissare der Behörden: Geheimer Oberregierungsrat Albert - Berlin (Reichsamt des Innern), Exzellenz von Hänisch, Generalleutnant, General-Inspekteur des Militär-Verkehrswesens, Schöneberg, Oberstleutnant Oschmann - Berlin (Kriegsministerium), Geheimer Oberregierungsrat Dr. Tull - Berlin (Ministerium der öffentlichen Arbeiten).

Syndikus: Geheimer Finanzrat Dr. Erythropel - Berlin.

Professor Dr. Ahlborn - Hamburg als Vertreter des Ortsausschusses Hamburg.

II. Geschäftsführender Vorstand.

Geheimer Regierungsrat Dr. v. Böttinger - Elberfeld, Prof. Dr. von Parseval - Charlottenburg, Professor Dr. Prandtl - Göttingen.

Geschäftsführer:

Paul Béjeuhr.

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 2, Joachimsthaler Straße 1, Luftfahrt-Haus.

Telegrammadresse: Flugwissen; Telephon: Amt Steinplatz, Nr. 6001, 6002.

III. Wissenschaftlich-Technischer Ausschuß:

Professor Dr. F. Ahlborn - Hamburg.
Geheimrat Professor Dr. Barkhausen - Hannover.
Professor A. Baumann - Stuttgart-Obertürkheim.
Professor Dr.-Ing. F. Bendemann - Adlershof.
Geh. Baurat Professor Berndt - Darmstadt.
Professor Dr. von dem Borne - Krietern.
Geheimrat Dr. von Böttinger, Mitglied des Herrenhauses, Elberfeld.
Geheimrat Professor Dr. E. Brauer - Karlsruhe.
Kaiserlicher Marineschiffsbaumeister Coulmann - Kiel.
Oberingenieur Dürr - Friedrichshafen a. B.
Professor Dr. Emden - München.
Fabrikbesitzer August Euler - Frankfurt a. M.
Geheimrat Professor Dr. Finsterwalder - München-Neuwittelsbach.
Professor Dr.-Ing. Föttinger - Zoppot-Danzig.
Hofrat Professor Dr. Friedländer - Hohe Mark im Taunus.
Hauptmann Geerdtz - Hannover.
Ingenieur Hans Grade - Bork.
Oberstleutnant Groß, Kommandeur des 2. Telegraphen-Bataillons, Karlsruhe.
Geheimrat Professor Dr. Grübler - Dresden.
Diplom-Ingenieur Karl Grulich - Gotha.
Professor Dr. Eugen Hartmann - Frankfurt a. M.
Geheimrat Professor Dr. Hergesell - Lindenberg, Kreis Beeskow.
Oberingenieur Hellmuth Hirth - Wilmersdorf.
Professor Junkers - Aachen.
Professor Dr. von Kármàn - Aachen.
Diplom-Ingenieur Kober - Friedrichshafen a. B.
Geh. Admiralitätsrat Professor Dr. Köppen - Hamburg.
Direktor O. Krell - Berlin.
Regierungs- und Baurat Krey - Berlin.
Dozent Dr. Franz Linke - Frankfurt a. M.
Professor Dr. Eugen Meyer - Charlottenburg.
Professor Dr. Edler von Mises - Straßburg i. Els.
Geheimrat Professor Dr.-Ing. H. Müller-Breslau, Mitglied der Akademie der Wissenschaften, Berlin-Grunewald.
Geheimrat Professor Dr. Nernst - Berlin.
Werftbesitzer Max Oertz - Hamburg.
Major z. D. Professor Dr.-Ing. von Parseval - Berlin-Charlottenburg.
Professor Dr. Prandtl - Göttingen.
Professor Dr.-Ing. Pröll - Hannover.
Professor Dr.-Ing. Reißner - Charlottenburg.
Se. Magnifizenz Professor Romberg, Rektor der Technischen Hochschule Charlottenburg.
Direktor Ing. Rumpler - Berlin-Johannisthal.
Geheimer Hofrat Professor Scheit - Dresden.
Geheimrat Professor Schütte - Danzig.
Professor Dr.-Ing. Schlink - Braunschweig.
Diplom-Ingenieur Freiherr von Soden - Fraunhofen - Friedrichshafen a. B.
Professor Dr. Süring - Potsdam.
Direktor Tischbein - Hannover.
Wirkl. Geh. Oberbaurat Dr.-Ing. Veith, Abteilungs-Chef im Reichsmarineamt, Berlin.
Professor Wachsmuth, Rektor der Akademie für soziale Wissenschaft, Frankfurt a. M.

Professor Weber - Charlottenburg.
Direktor Wiener - Berlin-Johannisthal.
Direktor Wolff - Berlin - Lankwitz.
Wirkl. Geh. Oberbaurat Dr.-Ing. Zimmermann - Berlin.

IV. Unterausschüsse.

Ausschuß zur Beurteilung von Erfindungen.

Obmänner: Major z. D. Professor Dr.-Ing. von Parseval - Berlin, Professor Romberg - Charlottenburg.

Professor Dr. Ahlborn - Hamburg, Geheimrat Professor Dr. Barkhausen - Hannover, Prof. Dr.-Ing. Bendemann - Berlin-Adlershof, Geheimer Baurat Professor Berndt - Darmstadt, Geheimrat Professor Dr. Grübler - Dresden, Dipl.-Ing. Grulich - Gotha, Prof. Dr. von Kármán - Aachen, Professor Dr. Eugen Meyer - Berlin-Charlottenburg, Professor Dr. Prandtl - Göttingen, Professor Dr.-Ing. Schlink - Braunschweig, Professor M. Weber - Berlin-Charlottenburg.

Ausschuß für literarische Auskünfte und Literaturzusammenstellung.

Obmann: Professor Dr.-Ing. Bendemann - Adlershof.

Dipl.-Ing. Dörr, Leiter der Luftschiffwerft Potsdam, Hauptmann a. D. Dr. phil. Hildebrandt - Berlin-Schöneberg, Professor Dr.-Ing. Pröll - Hannover, Dozent Dr. Linke. Frankfurt a. M., Professor Dr.-Ing. Reißner - Berlin-Charlottenburg, Professor Romberg - Berlin-Charlottenburg, Professor Dr. Wachsmuth - Frankfurt a. M.

Ausschuß für Aerodynamik.

Obmann: Professor Dr. Prandtl - Göttingen.

Professor Dr. Ahlborn - Hamburg, Professor Dr.-Ing. Bendemann - Berlin-Adlershof, Professor Dr. Emden - München, Geheimrat Professor Dr. Finsterwalder - München, Professor Dr.-Ing. Föttinger - Danzig, Oberstleutnant Groß - Karlsruhe, Geheimrat Professor Dr. Grübler - Dresden, Dipl.-Ing. Grulich - Gotha, Geh. Regierungsrat Prof. Dr. Hergesell - Lindenberg, Professor Dr. von Kármán - Aachen, Dipl.-Ing. Kober - Friedrichshafen a. B., Regierungs- und Baurat Krey - Berlin, Professor Dr. Edler v. Mises - Straßburg i. Els., Major z. D. Prof. Dr.Ing. von Parseval - Berlin - Charlottenburg, Professor Dr.-Ing. Pröll - Hannover, Professor Dr.-Ing. Schlink - Braunschweig, Professor Dr. Wachsmuth - Frankfurt a. M., Direktor Wiener - Berlin - Johannisthal.

Ausschuß für Motoren.

Obmann: Professor Romberg - Charlottenburg.

Professor Baumann - Stuttgart-Obertürkheim, Professor Dr.-Ing. Bendemann - Berlin-Adlershof, Geheimer Baurat Professor Berndt - Darmstadt, Zivil-Ing. Conrad - Berlin, Professor Dr.-Ing. Föttinger - Danzig, Professor Junkers - Aachen, Professor Dr. Eugen Meyer - Berlin - Charlottenburg, Professor Dr. Edler v. Mises - Straßburg i. Els., Direktor Ing. Rumpler - Berlin - Johannisthal, Geheimer Hofrat Professor Scheit - Dresden, Dipl.-Ing. Seppeler - Berlin Adlershof, Direktor Wolff - Berlin - Lankwitz, Wirklicher Geheimer Oberbaurat Dr.-Ing. Zimmermann - Berlin.

Ausschuß für konstruktive Fragen der Luftfahrzeuge mit besonderer Berücksichtigung der Sicherheitsvorschriften.

Obmann: Professor Dr. Reißner-Charlottenburg.

Geheimrat Professor Dr. Barkhausen-Hannover, Professor Baumann-Stuttgart-Obertürkheim, Dipl.-Ing. Dörr, Leiter der Luftschiffwerft Potsdam, Fabrikbes. Aug. Euler-Frankfurt a. M., Hauptmann Geerdtz-Hannover, Oberstleutnant Groß-Karlsruhe, Dipl.-Ing. Grulich-Gotha, Geheimer Regierungsrat Prof. Dr. Hergesell-Lindenberg, Oberingenieur Hirth-Berlin-Wilmersdorf, Dr.-Ing. Hoff-Berlin-Adlershof, Professor Dr. von Kármán-Aachen, Dipl.-Ing. Kober-Friedrichshafen a. B., Prof. Dr. Eugen Meyer-Berlin-Charlottenburg, Professor Dr. Edler v. Mises-Straßburg i. E., Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Müller-Breslau-Berlin, Werftbesitzer Oertz-Hamburg, Major z. D. Professor Dr.-Ing. von Parseval-Charlottenburg, Professor Dr.-Ing. Pröll-Hannover, Professor Romberg-Charlottenburg, Professor Dr.-Ing. Schlink-Braunschweig, Direktor Tischbein-Hannover, Professor Weber-Charlottenburg, Direktor Wiener-Berlin-Johannisthal, Direktor Wolff-Berlin-Lankwitz.

Ausschuß für medizinische und psychologische Fragen.

Obmann: Hofrat Professor Dr. Friedländer, Hohe Mark i. T.

Professor Dr. Ahlborn-Hamburg, Geheimer Regierungsrat Dr. von Böttinger-Elberfeld, Professor Cohnheim-Hamburg, Hauptmann Ernst-Straßburg i. E., Fabrikbesitzer Euler-Frankfurt a. M., Stabsarzt Dr. Flemming-Berlin, Dr. med. Grulich-Darmstadt, Dipl.-Ing. Grulich-Gotha, Privatdozent Dr. Halben-Berlin, Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Hergesell-Lindenberg, Oberingenieur Hirth-Berlin-Wilmersdorf, Justizrat Dr. Joseph-Frankfurt a. M., Stabsarzt Dr. Koschel-Berlin, Professor Dr. Sievers-Gießen, Privatdozent Dr. Wigand-Halle a. S., Geheimrat Professor Zuntz-Berlin. Kooptiert von der Vereinigung zur wissenschaftlichen Erforschung des Sports und der Leibesübungen: Prof. Nicolai-Berlin. Vertreter: des Sanitätsamtes der militärischen Institute: Generalarzt Dr. Schultzen; des Kgl. Preuß. Kriegsministeriums: Oberstleutnant Oschmann; der Generalinspektion des Verkehrswesens: Exz. von Hänisch.

Ausschuß für Vereinheitlichung der Fachsprache.

Obmann: Prof. Dr. Eugen Meyer-Charlottenburg.

Professor Dr.-Ing. Bendemann-Berlin-Adlershof, Dipl.-Ing. Dörr, Leiter der Luftschiffwerft Potsdam, Fabrikbesitzer Euler-Frankfurt a. M., Geheimer Regierungsrat Prof. Dr. Finsterwalder-München, Ingenieur Grade-Bork, Dipl.-Ing. Grulich-Gotha, Oberingenieur Hirth-Berlin-Wilmersdorf, Direktor Krell-Berlin, Werftbesitzer Oertz-Hamburg, Major z. D. Professor Dr.-Ing. von Parseval-Charlottenburg, Oberstudienrat Professor Dr. Poeschel-Meißen, Professor Dr.-Ing. Reißner-Charlottenburg, Direktor Ing. Rumpler-Berlin-Johannisthal, Dipl.-Ing. Freiherr von Soden-Fraunhofen-Friedrichshafen a. B., Direktor Tischbein-Hannover, Direktor Wiener-Berlin-Johannisthal, Direktor Wolff-Berlin-Lankwitz, Wirkl. Geheimer Ober-Baurat Dr.-Ing. Zimmermann.

Ausschuß für Meßwesen.

Obmann: Professor Dr. Wachsmuth-Frankfurt a. M.

Professor Dr.-Ing. Bendemann-Berlin-Adlershof, Eduard Becker-Berlin-Steglitz, Professor Dr. von dem Borne-Krietern, Kr. Breslau, Professor Dr. Hartmann-Frankfurt a. M., Professor Junkers-Aachen, Professor Dr. v. Kármán-Aachen, Dipl.-Ing. Kober-Friedrichshafen a. B., Direktor Krell-Berlin, Privatdozent Dr. Ludewig-Freiberg. Professor Dr. Prandtl-Göttingen, Dipl.-Ing. Freiherr v. Soden-Fraunhofen-Friedrichshafen a. B., Professor Dr. Süring-Potsdam, Direktor Wiener-Berlin-Johannisthal.

Ausschuß für Aerologie.

Obmann: Geh. Reg.-Rat Professor Dr. Hergesell-Lindenberg, Kr. Beeskow.

Professor Dr. von dem Borne-Krietern, Kr. Breslau, Professor Dr. Emden-München, Geheimer Admiralitätsrat Professor Dr. Köppen-Hamburg, Professor Dr. Polis-Aachen, Professor Dr. Süring-Potsdam, Professor Dr. Stade-Berlin-Schöneberg.

Ausschuß für elektrostatische Fragen.

Obmann: Dozent Dr. Linke-Frankfurt a. M.

Physiker Ament-Kiel, Dr. Bollé-Berlin, Professor Dr. von dem Borne-Krietern, Privatdozent Dr. Dieckmann-Gräfelfing, Dr. Fuhrmann-Berlin-Adlershof, Hauptmann George-Berlin-Charlottenburg, Direktor Dr. Gerlach-Hannover, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Haber-Berlin-Dahlem, Geh. Reg. Rat Prof. Dr. Hergesell-Lindenberg, Inspektion des Militär-Luft- u. Kraft-Fahr-Wesens, Berlin-Schöneberg, Dr. Keller-Kiel, Dr. Lienhajs-Kiel, Dr. Meißner-Berlin, Kapitän z. S. Michelsen vom Torpedo-Versuchs-Kommando, Kiel, Ministerium der geistlichen und Unterrichtsangelegenheiten, Berlin, Professor Dr. Polis-Aachen, Dr. Reich-Göttingen, Dr. Ritter-Berlin, Privatdozent Dr. Seddig-Buchschlag, Professor Dr. Süring-Potsdam, Torpedo-Versuchskommando, Kiel, Dr. Weil-Hannover.

Ausschuß für drahtlose Telegraphie.

Obmann: Privatdozent Dr. Dieckmann-Gräfelfing.

Graf Arco-Berlin, Professor Dr. v. d. Borne-Krietern, Dipl.-Ing. Dörr, Leiter der Luftschiffwerft Potsdam, Dr. Fuhrmann-Berlin-Adlershof, Dr. v. Gans-München, Generalleutnant v. Hänisch, Exzellenz, Generalinspekteur des Militärs-Verkehrswesens, Berlin, Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Hergesell-Lindenberg, Inspektion des Militär- Luft- und Kraft-Fahr-Wesens, Berlin-Schöneberg, Dr. Kiebitz, K. Telegraphen-Versuchs-Amt, Berlin, Kgl. Ministerium der geistlichen und Unterrichtsangelegenheiten, Berlin, Dozent Dr. Linke-Frankfurt a. M., Privatdozent Dr. Ludewig-Freiberg, Dr. Lutze, Drahtlos.-Telegraph.-Versuchs-Anstalt, Halle-Cöstritz, Dr. Meißner-Berlin, Vizeadmiral z. D. Merten, Exzellenz, Berlin, Kapitän Michelsen-Kiel, Professor Dr. Mosler-Berlin-Zehlendorf, Oberstleutnant Oschmann-Berlin, Kriegs-Ministerium, Professor Dr. Polis-Aachen, Dr. Reich-Göttingen, Reichsmarine-Amt, Abteilung für Luftschiffahrt, Berlin, Dr. Rotzoll-Bitterfeld, Hauptmann Salzmann, Insp. d. Feldtelegraphen-Truppen, Berlin, Oberleutnant Schlee-Berlin, Versuchsabteilung des Militär-Verkehrswesens, Professor Dr. Schmidt-Halle a. S., Geheimer Oberpostrat Schrader-Berlin, Reichs-Postamt, Dr. Seddig-Buchschlag b. Frankfurt a. M., Professor Dr. Simon-Göttingen, Professor Dr. Süring-Potsdam, Torpedo-Versuchs-Kommando Kiel, Hauptmann von Weiher-Berlin, Versuchs-Abteilung d. Militär-Luft- und Kraft-Fahr-Wesens.

Ausschuß für Navigierung.

Obmann: Korvettenkapitän a. D. Friedländer-Kiel.

Major Dr. von Abercron-Mülheim a. Rh., Albatros-Werke, Berlin-Johannisthal, Automobil u. Aviatik, A.-G., Mülhausen a. Rh., Professor Berson-Friedenau, Oberleutnant z. S. Bertram-Putzig, Prof. Dr. Bidlingmayer, Kgl. Erdmagnetisches Observatorium, München, K. K. Fregattenleutnant a. D. Boykow-Friedenau, Dr. Brill-Frankfurt a. M., Dr. Bröckelmann-Berlin, Deutsche Luftschiffahrts-Aktien-Gesellschaft (DELAG), Dipl.-Ing. Lehmann u. Direktor Dr. Eckener-Frankfurt a. M., Dr. Möller-Elsfleth, Dr. Elias-Berlin, Fabrikbesitzer Aug. Euler, Frankfurt a. M., Ingenieur Friedrich-Treptow, Generalinspektion des Militär-Verkehrswesens (Hauptmann Linnarz), Berlin, Gothaer Waggon-Fabrik, Gotha, Korvettenkapitän a. D. Grumme-Halensee,

Knappschaftsdirektor Dr. Heimann-Bochum, Oberingenieur Hirth-Wilmersdorf, Kapitänleutnant a. D. Hormel-Berlin, Dr. Jaeger-Lindenberg, Kriegs-Ministerium (Allgemeines Kriegsdepartement), Berlin, Dipl.-Ing. Kober-Friedrichshafen a. B., Hauptmann a. D. von Krogh-Friedenau, Luftschiffbau Schütte-Lanz, Rheinau-Baden, Luftfahrzeuggesellschaft, Berlin, Luft-Verkehrs-Gesellschaft, Berlin-Johannisthal, Luftschiffbau Zeppelin, Kapitän Blew-Friedrichshafen a. B., Prof. Dr. Marcuse-Berlin, Prof. Dr. Meldau-Bremen, Hauptmann a. D. Neumann, Direktor der Luftfahrer-Schule, Adlershof, Reichs-Marine-Amt (Nautisches und Werft-Departement), Berlin, Rumpler Luftfahrzeugbau, Berlin-Johannisthal, Prof. Schilling, Direktor der Seefahrtschule, Bremen, Geheimrat Prof. Dr. Schwarzschild-Potsdam, Dipl.-Ing. Thelen-Berlin, Verein Deutscher Motorfahrzeug-Industrieller, Berlin, Verkehrstechnische Prüfungskommission, Berlin.

Kommission für einen Wettbewerb um einen aufzeichnenden Beschleunigungsmesser für Flugzeuge.

Obmann: Professor Dr.-Ing. Reißner-Charlottenburg.

Professor A. Baumann-Stuttgart-Obertürkheim, Professor Dr. von dem Borne-Krietern, Kreis Breslau, Dipl.-Ing. Karl Grulich-Gotha, Technischer Direktor Helmuth Hirth-Johannisthal-Berlin, Dr.-Ing. Hoff-Adlershof, Direktor O. Krell-Berlin, Marine-Baumeister Besch-Berlin, Professor Dr. von Parseval-Charlottenburg, Professor Dr. Prandtl-Göttingen, Professor Dr. Wachsmuth-Frankfurt a. M., Direktor Ernst Wolff-Berlin-Lankwitz.

Kommission zur Aufstellung grundlegender Berechnungsgrundsätze für den Flugzeugbau und Aufstellung von Belastungsversuchen.

Obmann: Prof. Dr.-Ing. Reißner-Charlottenburg.

Geheimrat Professor Dr.-Ing. Barkhausen-Hannover, Professor Baumann-Stuttgart-Obertürkheim, Professor Dr.-Ing. Bendemann-Adlershof, Fabrikbesitzer Euler-Frankfurt a. M.-Niederrad, Hauptmann Grade, Fliegerbataillon 1, Dallgow-Döberitz, Dr.-Ing. Hoff-Adlershof, Professor Dr. Eugen Meyer-Charlottenburg, Wirkl. Geh. Reg.-Rat Dr. Müller-Breslau, Professor an der Technischen Hochschule Charlottenburg, Mitglied der Akademie der Wissenschaften, Berlin-Grunewald, Prof. Dr.-Ing. von Parseval-Charlottenburg, Professor Dr. Prandtl-Göttingen, Professor Dr.-Ing. Schlink-Braunschweig, Wirkl. Geheimer Oberbaurat Dr.-Ing. Veith-Berlin, Wirkl. Geh. Oberbaurat Dr.-Ing. Zimmermann-Berlin, Verein Deutscher Motorfahrzeug-Industrieller, als Vertreter: Oberingenieur Gabriel, Berlin-Johannisthal, Dipl.-Ing. Kober, Friedrichshafen a. B., Direktor Rumpler, Berlin-Johannisthal, zwei Herren der Verkehrstechnischen Prüfungskommission.

Wertungsformel-Kommission.

Obmann: Professor Dr.-Ing. Reißner-Charlottenburg.

Professor A. Baumann-Stuttgart-Obertürkheim, Professor Dr.-Ing. Bendemann-Berlin-Adlershof, Dr. Everling-Berlin-Adlershof, Dr.-Ing. Hoff-Berln-Adlershof, Professor Dr. Edler v. Mises-Straßburg i. Els., Major z. D. Professor Dr.-Ing. von Parseval-Charlottenburg, Professor Dr. L. Prandtl-Göttingen.

Ärzte-Kommission.

Stabsarzt Dr. Flemming-Berlin-Schöneberg, Hofrat Professor Dr. Friedländer-Hohe Mark, Privatdozent Dr. Halben-Berlin, Stabsarzt Dr. Koschel-Berlin.

V. Mitglieder[1].

a) Lebenslängliche Mitglieder:

Biermann, Leopold, Bremen, Blumenthalstraße 15.

Hagen, Carl, Bankier, Berlin W 35, Derfflingerstr. 12.

Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt, Adlershof b. Berlin, Adlergestell 28.

Königl. Sächs. Automobil-Klub, Dresden-A., Viktoriastr. 28.

b) Ordentliche Mitglieder:

Ackermann-Teubner, Alfred, Hofrat, Dr.-Ing. h. c., Leipzig, Poststr. 3.

Ahlborn, Prof. Dr. Friedrich, Hamburg 22, Uferstr 23 pt.

Albert, Geh. Oberregierungsrat, Berlin W 8, Wilhelmstr 74, Reichsamt des Innern.

Andreae, Jean, Geh. Kommerzienrat, Frankfurt a. M., Neue Mainzer Str. 59.

Antrick, Prof. Dr., in Firma Chemische Fabrik auf Aktien vorm. E. Schering, Berlin N, Müllerstr. 170.

Apfel, Herrmann, Kaufmann, Leipzig, Brühl 62.

Arco, Harry, Graf, Direktion der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Berlin SW 61, Tempelhofer Ufer 9.

Bader, Hans Georg, Dipl.-Ing. Ing. beim Kgl. Pr. Flieger-Bataillon Nr. 4, Straßburg/Els., Kölner Ring 5, II.

Banki, Donat, Professor, Budapest, Kgl. ung. Josephs Polytechnikum.

Barkhausen, Geheimrat Prof. Dr., Hannover, Öltzenstr 26.

Barnickel, J. B., Pfarrer, Thurndorf (Obpf.), Station Engelmannsreuth/Bayern.

Bauersfeld, Dr.-Ing., W., Jena, Moltkestr. 5.

Baumann, A., Professor, Stuttgart, Obertürkheim, Uhlbacher Str. 140.

Baumgärtel, Karl, Zeulenroda, R. ä. L.

Bayer, Friedrich, Geh. Kommerzienrat, Elberfeld.

Beck, Exz. Dr., Staatsminister, Minister des Kultus u. d. öffentl. Unterrichts, Dresden, Comeniusstr. 87.

Becker, Eduard, in Firma Fuess, Berlin-Steglitz, Düntherstr. 8.

Béjeuhr, P., Geschäftsführer der W. G. L., Berlin-Charlottenburg 2, Joachimsthaler Straße 1.

Bendemann, Prof., Dr.-Ing., Adlershof, Deutsche Versuchsanstalt.

Berndt, Geh. Baurat, Professor, Darmstadt, Martinstr. 50.

Bernhard, Richard, Fabrikbesitzer, Dresden, Jägerstr. 3.

Berson, Professor A., Berlin-Lichterfelde-West, Fontanestr. 2b.

Bestelmeyer, A., Dr. Privatdozent, Göttingen.

Betz, Albert, Dipl.-Ing., Göttingen, Bergstr. 9.

Beyer, Hermann, Dresden-A., Hettnerstr. 8.

v. Bieler, Referendar Dr., Frankfurt a. M., Unter Linden 86.

Bier, Oberleutnant a. D., Lindenthal b. Leipzig, Flugplatz.

Birk, Dr. O., Potsdam, Astrophysikalisches Observatorium.

Blasius, Privatdozent Dr., Hamburg 22, Richardstr. 50a.

Blumenthal, Prof. Dr., Aachen, Rütscherstraße 48.

Blumenthal, E. H., Generaldirektor der Motorenfabrik Oberursel, A.-G., Frankfurt a. M., Kettenhofweg 46.

Bock, Dr.-Ing., Chemnitz, Würzburger Str. 52.

v. d. Borne, Prof. Dr., Krietern, Kr. Breslau, Erdbebenwarte.

v. Borsig, C., Geh. Kommerzienrat Berlin N, Chausseestr. 13.

v. Borsig, E., Geh. Kommerzienrat, Berlin-Tegel, Reiherwerder.

v. Böttinger, Henry T., Geh. Reg.-Rat Dr., M. d. H., Elberfeld.

Boykow, K. und K. Fregattenleutnant, Friedenau, Lefèvrestr. 2.

Brauer, E., Geheimrat, Prof. Dr., Karlsruhe i. B., Technische Hochschule.

Bredenbreuker, Hauptmann, Eisenbahn-Regt. Nr. 1, kommandiert als Lehrer an

[1]) Liste abgeschlossen am 31. März 1914.

die militärtechnische Akademie Berlin, Schöneberg, Martin-Luther-Str. 47.

Brill, Dr. A., Frankfurt a. M., Kettenhofweg 136.

Brodowski, Oskar, stud. math., Göttingen, Untere Maschstr. 17.

Bucherer, Max, Zivil-Ing., Berlin-Reinickendorf-West, General-Woyner-Str. 67.

Budde, Prof. Dr., Berlin SW 11, Askanischer Platz 1—4.

Busse, Karl, Zivil-Ing., Berlin S 14., Alte Jakobstr. 88.

Camozzi, Otto, Direktor, Niederlößnitz bei Dresden.

Cohnheim, Professor O., Hamburg, Loogestillgasse 13.

Conrad, Robert, Zivil-Ing., Berlin W 50, Nürnberger Platz 5.

Coulmann, W., Kaiserlicher Marine-Schiffsbaumeister, Kiel, Scharnhorststr. 2.

Coym, Arthur, Dr., Lindenberg, Kr. Beeskow, Kgl. Preuß. Aeronautisch. Observatorium.

Degn, P. F., Dipl.-Ing., Dietrichsdorf b. Kiel, Heikendorfer Weg 23.

Deimler, Wilhelm, Dr., München, Gabelsbergerstr. 30, III.

Dieckmann, Privatdozent Dr. M., Gräfelfing bei München, Bergstr. 42.

Dietzius, Alex., Dipl.-Ing., Privatdozent, Wiesbaden, Leberberg, 6. Villa Alma.

v. Doblhoff, Freiherr Walther, Dr.-Ing., Konstrukteur am aeromechanischen Laboratorium der K. K. techn. Hochschule zu Wien, Triebuswinkel b. Wien.

Doench, Landgerichtsdirektor, Frankfurt a. M., Wolfgangstr. 109.

Dorn, Geheimrat Prof. Dr., Halle a. S, Paradeplatz 7.

Dorner, H., Dipl.-Ing., Berlin SO 26, Elsenstr. 107.

Dornier, C., Dipl.-Ing., Friedrichshafen a. B., Hochstr. 1, Villa Meßner.

Dörr, Dipl.-Ing. W. E., Stationschef und Leiter der Luftschiffwerft, Potsdam, Waisenstr. 64.

Duisberg, Karl, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr., Generaldirektor, Leverkusen bei Köln a. Rhein.

Dürr, Oberingenieur, Friedrichshafen a. B.

Eberhardt, C., Dipl.-Ing., Prof. an der Technischen Hochschule Darmstadt.

Ehrensberger, Dr., Direktor, in Firma Krupp, Essen-Ruhr.

Ehrlich, Exzellenz, Wirkl. Geh. Rat Prof. Dr., Frankfurt a. M., Westendstr. 62.

von Einsiedel, Hugo, Dr. med., Dresden, Reichenbachstr. 1.

Elias, Dr., Berlin-Westend, Stormstr. 7.

Elster, Wirkl. Geh. Ober-Reg.-Rat Dr., Berlin W 8, Unter den Linden 4.

Elster, Johannes, Adorf i. Vogtland.

Emden, Prof. Dr., München, Habsburger Straße 4.

Ernst, Hauptmann, Straßburg im Els., Taulerstr. 9.

Erythropel, Dr. Geh. Finanzrat, Vortragender Rat im Finanzministerium, Berlin, Meraner Str. 9.

Euler, August, Fabrikbesitzer, Frankfurt a. M. Niederrad.

Everling, Dr. phil. Emil, Adlershof, Adlergestell 28, II.

Fehlert, Dipl.-Ing., Patentanwalt, Berlin SW, Belle-Alliance-Platz 17.

Fiedler, Wilhelm, Kaufmann, Dresden, Portikusstr. 8.

Finsterwalder, Geheimrat Professor Dr., München-Neuwittelsbach, Flüggenstr. 4.

Fischer, Emil, Exz., Wirkl. Geh. Rat, Prof. Dr., Berlin N 4, Hessische Str. 1.

Fischer, P. B., Oberlehrer, Berlin-Lichterfelde-West, Kommandantenstr. 85, III.

Flemming, Stabsarzt Dr., Schöneberg, Martin-Luther-Str. 59.

Föttinger, Prof. Dr.-Ing., Zoppot-Danzig, Baedekerweg 13.

Frank, Fritz, Chemiker, Dr., Berlin W 35, Lützowstr. 96.

Franken, Reg.-Baumeister, in Firma Stern und Sonneborn, Berlin N. Gerichtstr. 27.

Friedländer, Hofrat, Professor Dr., Hohe-Mark im Taunus.

Friedländer, Korvettenkapitän a. D., Kiel, Holtenauerstr. 62.

Friese, Robert, M., Professor, Charlottenburg, Schillerstr. 12.

Fritsch, Bernhard, Dipl.-Ing., Hamburg, Bornstr. 16.

Fröbus, Waletr, Prokurist, Berlin W 62, Kleiststr. 8.

Fuhrmann, Dipl.-Ing. Dr., Adlershof, Adlergestell 28.

v. Funcke, Major, Dresden-N. Arndtstr. 9.

Gabriel, Michael, Oberingenieur, Johannisthal, Kaiser-Wilhelm-Str. 48.

Gans, Leo, Geh. Kommerzienrat, Frankfurt a. M., Barkhausstr. 14.

v. Gans, Paul F., Dr., München, Konradstr. 16.

Gaule, Karl, Dipl.-Ing., Aachen, Moreller Weg 10.

Gebers, Fr., Ing. Dr., Direktor der Schiffsbautechnischen Vers.-Anst. Wien, XX, Brigittenauerlände.

Geerdtz, Franz, Hauptmann, Hannover, Walderseestr. 10.

Gehlen, Dr., Dipl.-Ing., Friedrichshafen a. B., Friedrichstr. 29.

George, Hauptmann, Charlottenburg, Mindenerstr. 24.

Gerdien, Hans, Dr. phil., Berlin-Halensee, Augusta-Viktoria-Str. 3.

Gerhards, Wilhelm, Marine-Ingenieur, Kiel, Lübeckerstr. 2.

Gimbel, Otto, Dr.-Ing., Volksdorf bei Hamburg, Hüßberg 14.

Giesecke, Ernst, Ökonomierat, Klein-Wanzleben, Bez. Magdeburg.

Gießen, Torpedo-Stabsingenieur, Friedrichsort.

Gohlke, Ingenieur, Adlershof, Kaiser-Wilhelm Straße 27.

Goldschmidt, Hans, Dr., Essen-Ruhr.

Goldschmidt, Karl, Kommerzienrat Dr., Essen-Ruhr.

v. d. Goltz, Freiherr Exz., Generalleutnant z. D., Berlin W, Fasanenstr. 61.

Grade, Hans, Ingenieur, Bork, Post Brück i. d. Mark.

Gradenwitz, Richard, Fabrikbesitzer, Ing., Berlin W. 15, Kurfürstendamm 181.

v. Gröning, Geh. Reg.-Rat Dr., Berlin W 15, Kurfürstendamm 50.

Groß, Oberstleutnant, Kommandeur des 2. Telegraphen-Bataillons, Karlsruhe, Baden, Moltkestr. 45.

Große, Professor Dr., Bremen, Freihafen 1.

Grübler, M., Geheimrat, Professor Dr., Dresden-A., Bernhardstr. 98.

Gruhl, Kurt, Dresden, Tiergartenstr. 12.

Grulich, E., Dr. med., Darmstadt, Steinstraße 21.

Grulich, Karl, Dipl.-Ing., Gotha, Rheinhardtsbrunnenstr. 42

v. Guilleaume, Max, Geh. Kommerzienrat, Köln a. Rh., Apolstelnkloster 15.

Gümbel, Prof. Dr.-Ing., Berlin-Charlottenburg, Schloßstr. 66.

Gygas, Hans, Fregattenkapitän, Danzig, Werftgasse 1a.

Haas, Rudolf, Dipl.-Ing. Dr., Mannheim-Waldhof, Papyrus A.-G.

Halben, Privatdozent Dr., Berlin W, Fasanenstraße 72, pt.

v. Hänisch, Exzellenz, Generalleutnant, Generalinspekteur d. Milit.-Verkehrs-Wesens, Berlin W 15, Kurfürstendamm 179.

Harpner, Robert, Ing., Berlin W 30, Gossowstr. 5.

Harres, Franz, Dr., Schlebusch bei Köln, Sprengstoff-A.-G. Carbonit.

Hartmann, Eugen, Prof. Dr., Frankfurt a. M., Königstr. 97.

Haß, H., Professor, Hamburg Isestr. 29.

Hassenbach, H., Kand. d. Maschinenbaufaches, Danzig-Langfuhr, Gustav-Raddeweg 3, pt.

Heimann, Knappschaftsdirektor Dr. jur., Bochum, Gabelsberger Str. 19.

Heinkel, Ernst, Ing., Johannisthal bei Berlin, Wernerstr. 22.

Heinrich Prinz von Preußen, Dr.-Ing., Königliche Hoheit, Kiel, Schloß.

Heis, Leonhard, Dr., Göttingen, Bergstr. 11.

Heller, Dr., Köpenick, Lindenstr. 10a.

Helmrich v. Elgott, Leutnant, Naumburg, Kadettenhaus.

Hergesell, Geh. Reg.-Rat Professor Dr., Lindenberg, Kr. Beeskow, Kgl. Preuß. Aeronautisches Observatorium.

Hertel, Alfred, Kgl. Gymnasiallehrer, Kitzingen/Main, Wörthstr. 12, I.

Herzig, Wilhelm, Kaufmann, Dresden, Nürnberger Str. 30.

Hesse, Max, Dipl.-Ing., Trautenau/Böhmen.

Hetzer, Gustav, Major z. D., Loschwitz bei Dresden, Landhaus Hohenlinden.

v. Hevesy, W., Dipl.-Ing., Paris, Rue de l'Université 169.

v. Hiddessen, Leutnant, Darmstadt, Dragoner-Regt. 24.

Hiele, K., Ing., Nürnberg, Haslerstr. 3.

Hildebrandt, Hauptmann a. D., Dr. phil., Berlin W 30, Martin-Luther-Str. 10.

Hirsch, Paul, cand. math., Göttingen, Weender Chaussee 88.

Hirth, Helmuth, Ober-Ingeneuir, Wilmersdorf, Augustastr. 8/9.

Hoff, Wilhelm C. Th., Dr.-Ing., Köpenick. Spreestr. 2 (II. Eingang).

Hopf, L., Dr., Assistent, Aachen, Techn. Hochschule.
Höpfner, Wirkl. Geh. Ob.-Reg.-Rat Dr., Göttingen.
Hormel, Walter, Kapitänleutnant a. D., Berlin W 62, Nymphenburger Str. 2.
Hoernes, Hermann, Oberstleutnant, Linz a. Donau, Adlergasse 10.
Hoßfeld, Wirkl. Geh. Oberbaurat, Berlin W 15, Pariser Str. 38.
Huberty, August, Dresden-A, Prager Str. 2.
Huppert, Prof., Frankenhausen a. Kyffhäuser.

Imle, Emil, Dipl.-Ing., Fabrikbesitzer, Dresden, Weißer Hirsch.
v. Isenburg-Birstein, Franz Joseph, Fürst, Durchlaucht, Staatsherr, Major à la suite der Armee, erbl. Mitglied des preuß. Herrenhauses und der 1. Kammer des Großherzogtums Hessen, Birstein, Reg.-Bez. Kassel.

Jablonsky, Bruno, Berlin W 15, Kurfürstendamm 237.
Jaeger, Dr., wissenschaftlicher Hilfsarbeiter am Kgl. Preuß. Aeronautischen Observatorium Lindenberg, Kr. Beeskow.
Jaekel, Kurt, Zivil-Ing., Berlin W 35, Kurfürstenstr. 37
Jakob-Margella, G., Redakteur, Leipzig, Konstantinstr. 14, I.
Joachimczyk, Alfred, Dipl.-Ing., Berlin W, Kurfürstenstr 46.
Jonas, Bankier, Otto, Hamburg, Neuer Wall 26—28.
Joseph, Ludwig, Justizrat Dr., Frankfurt a. M., Taunusstr. 1.
Joukowsky, N., Professor Dr., Moskau, Universität.
Junkers, Professor, Aachen, Frankenburg.

Kahnt, Oswald, Wasserflugzeugbau und Fliegerschule, Leipzig-Lindenthal.
v. Kàrmàn, Professor Dr., Aachen, Technische Hochschule.
v. Kehler, Richard, Hauptmann d. R., Charlottenburg, Dernburgstr. 49.
Kempf, Günther, Dr.-Ing., Hamburg-Bergedorf, Ernst-Mantiusstr. 22.
Kiefer, Theodor, Oberingenieur, Bitterfeld, Kaiserstr. 40.
Kikut, Edmund, Ing., Johannesthal, Kaiser-Wilhelm-Str. 9.
Klein, J., Geheimrat Professor Dr., M. d. H., Göttingen.
Kleinschmidt, E., Dr., Vorstand der Drachenstation Friedrichshafen a. B.
Kleyer, H., Kommerzienrat, Dr.-Ing., Frankfurt a. M., Wiesenhüttenplatz 32.
Klingenberg, H., Prof. Dr., Charlottenburg, Neue Kantstr. 21.
Knoller, R., Professor, Wien I, Riemengasse 8.
Kober, Theodor,, Dipl.-Ing., Direktor, Friedrichshafen a. B., Flugzeugbau Friedrichshafen.
Kölzer, Joseph, Dr., Meteorologe bei der Inspektion des Militär-Luft- und Kraft-Fahr-Wesens, Berlin-Schöneberg, Kaiser-Friedrich-Str. 5.
König, Walter, Professor Dr., Gießen, Ludwigstr. 76.
Krause, Max, Fabrikbesitzer, Berlin-Steglitz, Grunewaldstr. 44.
Krell, O., Direktor, Berlin W 15, Kurfürstendamm 22.
Krey, H., Reg.- und Baurat, Berlin NW 23, Schleuseninsel im Tiergarten.
v. Krogh, C., Hauptmann a. D., Berlin-Friedenau, Stubenrauchstr. 17.
Krüß, Professor Dr., Berlin W 8, Unter den Linden 4, Kultus-Ministerium.
Kutta, Wilhelm, Professor Dr., Stuttgart, Römerstr. 138.

Lange, Marine-Ober-Ing., Marine-Flieger-Station Putzig bei Danzig.
Lanz, Karl, Dr., Mannheim, Hildastr. 7.
Laudahn, Wilhelm, Marinebaurat, Grunewald bei Berlin, Gillstr. 2a.
Lehmann, Major, Kommandeur des Telegraphen-Bataillons Nr. 2, Frankfurt a. O.
Lehmann-Richter, E. W., Dr. phil., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Beethovenstraße 5.
Leick, Arnold, Dr., Berlin W 30, Barbarossastraße 61.
Leick, Walter, Oberlehrer, Professor Dr., Berlin-Lichterfelde-West, Kommandantenstr. 85.
Lepsius, B., Professor Dr., Berlin-Dahlem, Podbielski-Allee 45.
Lewald, Th., Wirkl. Geh. Ober-Reg.-Rat Dr., Ministerialdirektor, Berlin W 10, Kaiserin-Augusta-Str. 58.
Lilienthal, Gustav, Baumeister, Berlin-Lichterfelde, Marthastr. 5.
v. Linde, C., Geheimrat, Professor Dr., München, 44. Prinz-Ludwig-Höhe.

Lindgens, Adolf, Köln - Bayenthal, Oberländer Ufer 30.

Lingner, K. A., Exzellenz, Wirkl. Geh. Rat Dr., Dresden, Großenhainer Str. 9.

Linke, Fr., Dr., Dozent, Frankfurt a. M., Kettenhofweg 105.

Lissauer, Walter, Dr., Görries bei Schwerin.

Lorenzen, D., Ingenieur, Berlin-Neukölln, Münchener Str. 46.

Ludewig, P., Dr., Privatdozent, Freiberg i. S. Albertstr. 22.

Lutz, R., Professor Dr.-Ing., Trondhjem, Technische Hochschule.

v. Lyncker, Freiherr, Exzellenz, General der Infanterie z. D., Halensee, Kurfürstendamm 105.

Madelung, E., Dr., Privatdozent, Göttingen, Bergstr. 15.

Madelung, Georg, Ing., Adlershof, Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt.

Mangelsdorff, Oberingenieur, Kiel, Feldstraße 152.

Marcuse, Adolf, Professor Dr., Charlottenburg 4, Dahlmannstr. 12.

v. Martius, C. A., Dr., Berlin W 9, Voßstraße 12.

Maschke, Georg, Rentier, Charlottenburg, Goethestr. 1.

Masse, Alfred, Hamburg, Graskeller 6.

v. Maydell, Baron Woldemar, Riga, Rußland, Schulenstr. 11, Pension Haken.

Meckel, Paul, Bankier, Charlottenburg, Witzlebenstr. 31.

ter Meer, Geh. Kommerzienrat Dr., Uerdingen am Rhein.

Meißner, Alexander, Dr.-Ing., Berlin SW, Tempelhofer Ufer 25.

Mengelbier, Oskar, Ing.-Chemiker, Berlin W 50, Neue Ansbacher Str. 11.

Merten, Exzellenz, Vizeadmiral z. D., Wilmersdorf, Landauerstr. 12.

Messing, Generalmajor, Berlin-Lichterfelde, Paulinenstr. 29.

Meycke, Torpedo-Ober-Ing., Kiel, Wrangelstraße 30.

Meyer, Alex, Assessor, Dr., Frankfurt a. M., Beethovenstr. 23.

Meyer, Bernhard, Kommerzienrat, Leipzig, Königstr. 5/7.

Meyer, Eugen, Professor Dr., Charlottenburg, Neue Kantstr. 15.

Meyer, Paul, Ober-Reg.-Rat, Dr., Frankfurt a. M., Beethovenstr. 23.

Michelsen, Kapitän z. S., Präses des Torpedo-Versuchskommandos, Kiel.

Mickel, Ernst, Hauptmann, Cöln a. Rh., Bachenerstr. 264.

Miethe, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr., Halensee, Halberstädter Str. 7.

v. Miller, Oskar, Reichsrat Dr., München, Ferdinand-Miller-Platz 3.

v. Mises, Professor Dr. Edler, Straßburg i. Els., Schweighäuserstr. 20.

Mitscherling, Paul, Fabrikbesitzer, Radeburg bei Dresden, Bahnhofstr. 199.

v. Möller, Exzellenz, Staatsminister, Berlin W 10, Von der Heydtstr. 12.

Moench, F., Assistent, Post Königstein im Taunus, Feldberg-Observatorium.

Morell, Wilhelm, Fabrikbesitzer, Leipzig, Apelstr. 4.

Morin, Dipl.-Ing., Patentanwalt, Berlin-Charlottenburg, Knesebeckstr. 94.

Mügge, O., Professor Dr., Göttingen, Hoher Weg 25.

Müller, Richard, Marine-Baurat, Friedenau bei Berlin, Wagner-Platz 7.

Müller-Breslau, Geh. Reg.-Rat, Dr., Prof. an der Technischen Hochschule Charlottenburg, Mitglied der Akademie der Wissenschaften, Villenkolonie Grunewald bei Berlin, Kurmärkische Str.

Nachtweh, A., Professor Dr.-Ing., Hannover, Technische Hochschule.

Nadai, A., Dr.-Ing., Arosa, Schweiz, Haus Marazzi.

Naß, G., Professor Dr., Charlottenburg, Mommsenstr. 63.

Naumann, Exzellenz, Wirkl. Geheimer Rat, Dr., Berlin W 62, Burggrafenstr. 4.

Nernst, W., Geheimrat Professor Dr., Berlin W 35, Am Karlsbad 26 a.

v. Nieber, Stephan, Exzellenz, Generalleutnant z. D., Berlin W 15, Fasanenstraße 43.

Nusselt, W., Privatdozent Dr.-Ing., Dresden, Nürnberger Str. 23.

v. Oechelhäuser, W., Generaldirektor, Dr.-Ing., Dessau.

v. Oldershausen, Freiherr, Oberstleutnant, Straßburg i. Els., Nikolausring 1.

Oppenheimer, M. J., Fabrikbesitzer, Frankfurt a. M., Rheinstr. 29.

Oertz, Max, Werftbesitzer, Hamburg, An der Alster 84.

Oschmann, Oberstleutnant, Kriegsministerium, Berlin W 66, Leipziger Str. 5.

Otzen, Robert, Magnifizenz Professor, Rektor der Technischen Hochschule, Hannover, Blumenhagenstr. 9.

v. Parseval, A., Major z. D., Professor Dr.-Ing. h. c., Charlottenburg, Niebuhrstraße 6.

Peppler, Albert, Privatdozent Dr., Gießen, Schiffenbergerweg 43.

v. Petri, O., Geh. Kommerzienrat Dr., Nürnberg.

Pfeiffer, Friedrich, Privatdozent Dr., Halle a. S., Karlstr. 31.

Pfund, Max, Prokurist, Dresden, Bautzener Straße 63.

v. Pohl, Gustav, Freiherr, Hamburg 36, Gr. Theaterstr. 33.

Pohlhausen, Karl, stud. math., Göttingen, Bergstr. 9.

Polis, Professor Dr., Aachen, Monheimsallee 62.

Poppel, L., Kaufmann, Bergwerksdirektor, Dresden-Strehlen, Mozartstr. 5.

Poeschel, F. J., Oberstudienrat, Professor Dr., Rektor der Fürstenschule St. Afra, Meißen.

Prandtl, L., Professor Dr., Göttingen, Prinz-Albrecht-Str. 20.

Precht, J., Professor Dr., Hannover, Am Grasweg 39.

Preßler, Kurt, Plauen im Vogtland, Hofwiesenstr. 8.

Pringsheim, Ernst, Universitätsprofessor, Breslau.

Probst, P. G., Hüttendirektor, Düsseldorf, Graf-Adolf-Str. 83.

Pröll, Arthur, Dr.-Ing., Professor an der Technischen Hochschule, Hannover, Militärstr. 18.

v. Pustau, Eduard, Kapitän z. S. a. D., Wilmersdorf, Prager Str. 13.

Quelle, Fr., Bremen, Am Wall 169.

Quittner, Viktor, Dipl.-Ing., Dr., Berlin W 62, Kalckreuthstr. 16.

Rasch, Ferdinand, Generalsekretär des D. L. V. Berlin-Charlottenburg 2, Joachimsthaler Str 1.

Rau, Friedrich, Zivil-Ing., Berlin N 4, Kesselstr. 16.

Ravoth, Alfred, Ing. der Fiat-Werke, Wien-Floridsdorf.

Reichardt, Otto, Dipl.-Ing., München, Akademiestr. 7.

Reinganum, Dr., Professor an der Universität, Freiburg i. Br., Ludwigstr. 33.

Reißner, H., Professor Dr.-Ing., Charlottenburg, Windscheidstr. 39.

Reitz, Marine-Oberbaurat, Berlin-Halensee, Joachim-Friedrich-Str. 16.

Reuter, Otto, Dipl.-Ing., Berlin-Wilmersdorf, Bregenzer Str. 8.

Richarz, F., Professor Dr., Marburg in Hessen.

Riecke, E., Geheimrat Professor Dr., Göttingen, Bühlstr. 22.

Riedinger, August, Kommerzienrat, Augsburg, Prinzregentenstr. 2.

Rieß von Scheurnschloß, Exz. Generalleutnant z. D., Präsident der deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, Charlottenburg, Schlüterstr. 29.

Romberg, Hauptmann, Osnabrück, Goethestraße 35.

Romberg, Friedrich, Magnifizienz, Professor, Rek or der Technischen Hochschule, Charlottenburg.

v. Rottenburg, Gerichtsassessor, Frankfurt a. M., Schwindstr. 20.

Rotzoll, H., Dr., Bitterfeld, Luftfahrzeug-Gesellschaft.

Rumpler, E., Direktor, Ing., Johannisthal, b. Berlin.

Runge, C., Geheimrat Professor Dr., Göttingen

Runge, Richard, Hamburg, Gröniger Str. 14.

Sack, Paul, Kommerzienrat Dr., Plagwitz bei Leipzig, Karl-Hein-Str. 101.

v. Sanden, Privatdozent Dr., Göttingen, Düsterer Eichenweg 20.

Schatzmann, Marine-Baumeister, Bremen, Besselstr. 86, I.

Scheit, H., Geheimer Hofrat, Professor, Dresden 20, Königsteinstr. 1.

Scherz, Walter, stud. arch. nav., Charlottenburg, Grolmannstr. 59a.

Schiller, Dr. Ludwig, Assistent, Leipzig, Linnéstr. 5.

Schilling, Professor Dr., Bremen, Seefahrtschule.

Schleiermacher, L., Dr., Professor a. D., Privatdozent an der Technischen Hochschule Darmstadt, Aschaffenburg, Grünewaldstr. 19.

Schlink, Professor Dr.-Ing., Braunschweig, Berner Str. 8.

Schmal, O., Direktor, Quaßnitz bei Leipzig.

Schmickaly, Kurt, Leutnant in der Fliegertruppe, Straßburg i. Els., Marienstr. 7, I.

Schmid, C., Dipl.-Ing., Adlershof bei Berlin, Adlergestell 28

v. Schmidt, August, Geh. Hofrat Dr., Stuttgart, Hegelstr. 32.

Schmidt, C., Dr. med., Dresden-Strehlen, Josephstr. 12.

Schmidt F., Ministerialdirektor Dr., Steglitz, Schillerstr. 7.

Schmidt, K., Professor Dr., Halle a. S., Am Kirchtor 7.

Schmiedecke, Generalmajor, Kommandeur der 2. Eisenbahn-Brigade, Hanau.

Schmitt, Joseph, Professor Dr., Essen/Ruhr, Sybillestr. 19.

Schnetzler, Eberhard, Ing., Frankfurt a. M., Schwanthalerstr. 12.

Schreber, Professor Dr., Aachen, Technische Hochschule.

Schreiber, Ober-Reg.-Rat, Prof. Dr., Dresden, Gr. Meißener Str. 15.

Schuch, Friedrich, Kaufmann, Hamburg, Pulverteich 12.

Schütte, Geh. Reg.-Rat, Prof., Danzig-Langfuhr, Johannistal 3.

Schwarzschild, R., Geheimrat, Professor, Potsdam, Telegraphenberg.

Seddig, Dr., Privatdozent für Physik an der Akademie Frankfurt a. M., Buchschlag bei Frankfurt a. M.

v. Selasinsky, Eberhard, Hauptmann, Paderborn, Infanterie-Regt. 158, Westernstraße 34.

Seppeler, E., Dipl.-Ing., Adlershof, Deutsche Versuchsansatlt für Luftfahrt. Leiter der Motorenabteilung.

Seyrich, Dr.-Ing., Ober-Ing., stellvertretender Direktor, Dresden-A., Chemnitzer Straße 22.

Sieg, Georg, Marine-Baumeister, Berlin-Friedenau, Schwalbacherstr. 7

v. Sierstorpff, Adalbert, Graf, Berlin W 10, Kaiserin-Augusta-Str. 75/76.

Silverberg, Dr. P., General-Direktor, Cöln, Worringerstr. 18.

Simon, August Th., Lederfabrikant, Kirn a. d. Nahe.

Simon, Th., Kommerzienrat, Kirn a. d. Nahe.

Simon, Fritz, Th., Konsul, Bremen, Parkallee 71.

Simon, Herrmann Th., Professor Dr., Göttingen, Nikolausberger Weg 20.

Simon, Robert Th., Kirn a. d. Nahe

v. Soden-Fraunhofen, Freiherr, Dipl.-Ing., K. Bayerischer Kämmerer, M. d. R., Friedrichshafen a. B.

Spieß, Gustav, Professor, Frankfurt a. M., Schaumainkai 26.

Stade, H., Observator, Professor Dr., Schöneberg bei Berlin, Wartburgstr. 16.

Stein, Direktor, Charlottenburg, Kaiserdamm 8.

Sticker, Joseph, Gerichtsassessor a. D., Berlin W 30, Aschaffenburger Str. 8.

Straubel, Professor Dr., Jena, Zeißwerke.

Strauß, Heinrich, Zahnarzt, Berlin W 35, Lützowstr. 15.

Stroschein, Edwin, Dr., Dresden-A., Pragerstraße 14.

Süring, Professor Dr., Potsdam, Telegraphenberg.

Sutter, Herrmann, Dresden, Christianstr. 35.

Szamatolski, Hofrat Dr., Frankfurt a M., Westendstr. 85.

Szkólnik, Leopold, Dipl.-Ing., Johannisthal, Waldstr. 9.

Taaks, O., Kgl. Baurat, Hannover, Marienplatz.

Tanakadate, Aikitu, Dr., Professor an der kaiserlichen Universität Tokio, Mitglied der kaiserlichen Akademie, Tokio (Tôkyô) Jayoityô 2.

Tepelmann, Hauptmann a. D., Dr.-Ing., Braunschweig, Viewegstr. 1.

Tetens, Observator, Professor Dr., Lindenberg, Kr. Beeskow.

Thelen, Robert, Dipl.-Ing., Hirschgarten bei Berlin, Eschenallee 5.

Thoma, Dr.-Ing., Gotha, Schöne Allee 6.

Tischbein, Willy, Direktor, Hannover, Vahrenwalderstr. 100.

Trefftz, Dr., Assistent an der Königlich Technischen Hochschule, Aachen. Lousbergerstr. 38.

Treitschke, Friedrich, Fabrikbesitzer, Kiel, Niemannsweg 81b.

Trommsdorf, Oberlehrer Dr., Göttingen, Friedländerweg 59 pt.

v. Tschudi, Major a. D., Berlin-Schöneberg, Apostel-Paulus Str. 16.

Tull, Geh. Ober-Reg.-Rat Dr., Berlin-Lichterfelde, Marienplatz 7.

Oschmann, Oberstleutnant, Kriegsministerium, Berlin W 66, Leipziger Str. 5.

Otzen, Robert, Magnifizenz Professor, Rektor der Technischen Hochschule, Hannover, Blumenhagenstr. 9.

v. Parseval, A., Major z. D., Professor Dr.-Ing. h. c., Charlottenburg, Niebuhrstraße 6.

Peppler, Albert, Privatdozent Dr., Gießen, Schiffenbergerweg 43.

v. Petri, O., Geh. Kommerzienrat Dr., Nürnberg.

Pfeiffer, Friedrich, Privatdozent Dr., Halle a. S., Karlstr. 31.

Pfund, Max, Prokurist, Dresden, Bautzener Straße 63.

v. Pohl, Gustav, Freiherr, Hamburg 36, Gr. Theaterstr. 33.

Pohlhausen, Karl, stud. math., Göttingen, Bergstr. 9.

Polis, Professor Dr., Aachen, Monheimsallee 62.

Poppel, L., Kaufmann, Bergwerksdirektor, Dresden-Strehlen, Mozartstr. 5.

Poeschel, F. J., Oberstudienrat, Professor Dr., Rektor der Fürstenschule St. Afra, Meißen.

Prandtl, L., Professor Dr., Göttingen, Prinz-Albrecht-Str. 20.

Precht, J., Professor Dr., Hannover, Am Grasweg 39.

Preßler, Kurt, Plauen im Vogtland, Hofwiesenstr. 8.

Pringsheim, Ernst, Universitätsprofessor, Breslau.

Probst, P. G., Hüttendirektor, Düsseldorf, Graf-Adolf-Str. 83.

Pröll, Arthur, Dr.-Ing., Professor an der Technischen Hochschule, Hannover, Militärstr. 18.

v. Pustau, Eduard, Kapitän z. S. a. D., Wilmersdorf, Prager Str. 13.

Quelle, Fr., Bremen, Am Wall 169.

Quittner, Viktor, Dipl.-Ing., Dr., Berlin W 62, Kalckreuthstr. 16.

Rasch, Ferdinand, Generalsekretär des D. L. V. Berlin-Charlottenburg 2, Joachimsthaler Str 1.

Rau, Friedrich, Zivil-Ing., Berlin N 4, Kesselstr. 16.

Ravoth, Alfred, Ing. der Fiat-Werke, Wien-Floridsdorf.

Reichardt, Otto, Dipl.-Ing., München, Akademiestr. 7.

Reinganum, Dr., Professor an der Universität, Freiburg i. Br., Ludwigstr. 33.

Reißner, H., Professor Dr.-Ing., Charlottenburg, Windscheidstr. 39.

Reitz, Marine-Oberbaurat, Berlin-Halensee, Joachim-Friedrich-Str. 16.

Reuter, Otto, Dipl.-Ing., Berlin-Wilmersdorf, Bregenzer Str. 8.

Richarz, F., Professor Dr., Marburg in Hessen.

Riecke, E., Geheimrat Professor Dr., Göttingen, Bühlstr. 22.

Riedinger, August, Kommerzienrat, Augsburg, Prinzregentenstr. 2.

Rieß von Scheurnschloß, Exz. Generalleutnant z. D., Präsident der deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, Charlottenburg, Schlüterstr. 29.

Romberg, Hauptmann, Osnabrück, Goethestraße 35.

Romberg, Friedrich, Magnifizienz, Professor, Rektor der Technischen Hochschule, Charlottenburg.

v. Rottenburg, Gerichtsassessor, Frankfurt a. M., Schwindstr. 20.

Rotzoll, H., Dr., Bitterfeld, Luftfahrzeug-Gesellschaft.

Rumpler, E., Direktor, Ing., Johannisthal, b. Berlin.

Runge, C., Geheimrat Professor Dr., Göttingen

Runge, Richard, Hamburg, Gröniger Str. 14.

Sack, Paul, Kommerzienrat Dr., Plagwitz bei Leipzig, Karl-Hein-Str. 101.

v. Sanden, Privatdozent Dr., Göttingen, Düsterer Eichenweg 20.

Schatzmann, Marine-Baumeister, Bremen, Besselstr. 86, I.

Scheit, H., Geheimer Hofrat, Professor, Dresden 20, Königsteinstr. 1.

Scherz, Walter, stud. arch. nav., Charlottenburg, Grolmannstr. 59a.

Schiller, Dr. Ludwig, Assistent, Leipzig, Linnéstr. 5.

Schilling, Professor Dr., Bremen, Seefahrtschule.

Schleiermacher, L., Dr., Professor a. D., Privatdozent an der Technischen Hochschule Darmstadt, Aschaffenburg, Grünewaldstr. 19.

Schlink, Professor Dr.-Ing., Braunschweig, Berner Str. 8.

Schmal, O., Direktor, Quaßnitz bei Leipzig.

Schmickaly, Kurt, Leutnant in der Fliegertruppe, Straßburg i. Els., Marienstr. 7, I.

Schmid, C., Dipl.-Ing., Adlershof bei Berlin, Adlergestell 28

v. Schmidt, August, Geh. Hofrat Dr., Stuttgart, Hegelstr. 32.

Schmidt, C., Dr. med., Dresden-Strehlen, Josephstr. 12.

Schmidt F., Ministerialdirektor Dr., Steglitz, Schillerstr. 7.

Schmidt, K., Professor Dr., Halle a. S., Am Kirchtor 7.

Schmiedecke, Generalmajor, Kommandeur der 2. Eisenbahn-Brigade, Hanau.

Schmitt, Joseph, Professor Dr., Essen/Ruhr, Sybillestr. 19.

Schnetzler, Eberhard, Ing., Frankfurt a. M., Schwanthalerstr. 12.

Schreber, Professor Dr., Aachen, Technische Hochschule.

Schreiber, Ober-Reg.-Rat, Prof. Dr., Dresden, Gr. Meißener Str. 15.

Schuch, Friedrich, Kaufmann, Hamburg, Pulverteich 12.

Schütte, Geh. Reg.-Rat, Prof., Danzig-Langfuhr, Johannistal 3.

Schwarzschild, R., Geheimrat, Professor, Potsdam, Telegraphenberg.

Seddig, Dr., Privatdozent für Physik an der Akademie Frankfurt a. M., Buchschlag bei Frankfurt a. M.

v. Selasinsky, Eberhard, Hauptmann, Paderborn, Infanterie-Regt. 158, Westernstraße 34.

Seppeler, E., Dipl.-Ing., Adlershof, Deutsche Versuchsansatlt für Luftfahrt. Leiter der Motorenabteilung.

Seyrich, Dr.-Ing., Ober-Ing., stellvertretender Direktor, Dresden-A., Chemnitzer Straße 22.

Sieg, Georg, Marine-Baumeister, Berlin-Friedenau, Schwalbacherstr. 7

v. Sierstorpff, Adalbert, Graf, Berlin W 10, Kaiserin-Augusta-Str. 75/76.

Silverberg, Dr. P., General-Direktor, Cöln, Worringerstr. 18.

Simon, August Th., Lederfabrikant, Kirn a. d. Nahe.

Simon, Th., Kommerzienrat, Kirn a. d. Nahe.

Simon, Fritz, Th., Konsul, Bremen, Parkallee 71.

Simon, Herrmann Th., Professor Dr, Göttingen, Nikolausberger Weg 20.

Simon, Robert Th., Kirn a. d. Nahe

v. Soden-Fraunhofen, Freiherr, Dipl.-Ing., K. Bayerischer Kämmerer, M. d. R., Friedrichshafen a. B.

Spieß, Gustav, Professor, Frankfurt a. M., Schaumainkai 26.

Stade, H., Observator, Professor Dr., Schöneberg bei Berlin, Wartburgstr. 16.

Stein, Direktor, Charlottenburg, Kaiserdamm 8.

Sticker, Joseph, Gerichtsassessor a. D., Berlin W 30, Aschaffenburger Str. 8.

Straubel, Professor Dr., Jena, Zeißwerke.

Strauß, Heinrich, Zahnarzt, Berlin W 35, Lützowstr. 15.

Stroschein, Edwin, Dr., Dresden-A., Pragerstraße 14.

Süring, Professor Dr., Potsdam, Telegraphenberg.

Sutter, Herrmann, Dresden, Christianstr. 35.

Szamatolski, Hofrat Dr., Frankfurt a M., Westendstr. 85.

Szkólnik, Leopold, Dipl.-Ing., Johannisthal, Waldstr. 9.

Taaks, O., Kgl. Baurat, Hannover, Marienplatz.

Tanakadate, Aikitu, Dr., Professor an der kaiserlichen Universität Tokio, Mitglied der kaiserlichen Akademie, Tokio (Tôkyô) Jayoityô 2.

Tepelmann, Hauptmann a. D., Dr.-Ing., Braunschweig, Viewegstr. 1.

Tetens, Observator, Professor Dr., Lindenberg, Kr. Beeskow.

Thelen, Robert, Dipl.-Ing., Hirschgarten bei Berlin, Eschenallee 5.

Thoma, Dr.-Ing., Gotha, Schöne Allee 6.

Tischbein, Willy, Direktor, Hannover, Vahrenwalderstr. 100.

Trefftz, Dr., Assistent an der Königlich Technischen Hochschule, Aachen, Lousbergerstr. 38.

Treitschke, Friedrich, Fabrikbesitzer, Kiel, Niemannsweg 81b.

Trommsdorf, Oberlehrer Dr., Göttingen, Friedländerweg 59 pt.

v. Tschudi, Major a. D., Berlin-Schöneberg, Apostel-Paulus Str. 16.

Tull, Geh. Ober-Reg.-Rat Dr., Berlin-Lichterfelde, Marienplatz 7.

Ursinus, Oskar, Zivil-Ing., Frankfurt a. M., Bahnhofsplatz 8.

Veith, Wirkl. Geh. Oberbaurat, Dr.-Ing., Abtlgs.-Chef im Reichs-Marine-Amt, Berlin W 50, Spichernstr. 23.
Visnya, Aladar, Professor Dr., Budapest I, Marosgasse 20.
Voigt, Geheimrat Professor Dr., Göttingen, Grüner Weg.
Vollbrandt, Adolf, Kaufmann, Freiburg i. Br., Bayernstr. 6.
Vollmann, Richard, Sebnitz in Sachsen, Hertigswalder Str. 1.
Vorreiter, Ansbert, Zivil-Ing., Berlin W 57, Bülowstr. 73.

Wachsmuth, R., Professor Dr., Rektor der Akademie für soziale Wissenschaft, Frankfurt a. M., Kettenhofweg 136.
Wacker, Alexander, Geh. Kommerzienrat, Schachen bei Lindau in Bayern.
Wagner, H., Geheimrat Professor Dr., Göttingen, Grüner Weg.
Wahl, Marine-Baurat, Johannisthal, Trützschlerstr. 1.
• Wallach, Geheimrat Professor Dr., Göttingen, Hospitalstr. 10.
Walter, M., Direktor, Bremen, Schönhausenstraße
Wassermann, B., Patentanwalt, Dipl.-Ing., Berlin SW, Alexandrinenstr. 1b.
Weber, M., Professor, Nikolassee bei Berlin, An der Rehwiese 13.
de Weerth, Fritz, Dr., Berlin W 30, Rosenheimerstr. 24.
Wegener, Dr., Göttingen, zurzeit Spitzbergen.
Weidenhagen, R., Vorsteher der Wetterwarte, Magdeburg, Bahnhofstr. 17.
Weißmann, Robert, Staatsanwaltschaftsrat, Dr., Berlin-Grunewald, Niersteinerstraße 3.
Weißwange, Dr. med., Besitzer des Südsanatoriums, Dresden, Schnorrstr. 82.
Wenger, R., Dr., Leipzig, Nürnberger Str. 57.
Werner, Martin, Dipl., Landwirt, Berlin NW, Holsteiner Ufer 21.
Westphal, Paul, Ing., Berlin-Schöneberg, Hauptstr. 14—16.
Wiechert, E., Geheimrat Professor Dr., Göttingen.
Wiener, Otto, Direktor, Johannisthal bei Berlin, Flugplatz, Albatroswerke.
Wieselsberger, C., Dipl.-Ing., Göttingen, Nikolausberger Weg 37.
Wigand, Dr., Halle a. S., Kohlschütter Str. 9.
Wolf, Heinrich, Kaufmann, Leipzig, Brühl 62
Wolff, Ernst, Direktor der Daimler-Motoren-Gesellschaft, Berlin-Lankwitz, Mozartstraße 32.
Wolff, Dr. phil. Hans, Breslau 8, Rotkretscham.
Woermann, Eduard, Kaufmann, Hamburg, Reichenstr, Afrikahaus.
Wurmbach, Julius, Fabrikant, Berlin-Grunewald, Pücklerstr. 14.

Zanders, Hans, Kommerzienrat, Bergisch-Gladbach.
v. Zeppelin, Ferdinand, Graf, Exzellenz, General d. Kavallerie z. D., Dr.-Ing., Friedrichshafen a. B.
v. Zeppelin jr., Ferdinand, Graf, Dipl.Ing., Friedrichshafen a. B., Friedrichstr. 35.
Ziervogel, W., Oberbergrat, Staßfurt, Steinstraße 21.
Zimmermann, H., Wirkl. Geh. Oberbaurat, Dr.-Ing., Berlin NW 52, Calvinstr. 4.
Zinke, Conrad, Meißen a. Elbe.
Zopke, Regierungsbaumeister a. D., Professor, Hamburg, Andreasstr. 17.
Zselyi, Alador, Dipl.-Ing., Budapest, Fehevari ut 58.

c) Außerordentliche Mitglieder:

Argentinischer Verein deutscher Ingenieure, Buenos-Aires, Tucumân 900.
Berliner Flugsport Verein, E.-V., Berlin N 65, Seestr. 60.
Aachener Bezirks-Verein deutscher Ingenieure, Aachen.
Bergischer-Bezirks-Verein deutscher Ingenieure, Elberfeld, Dessauer Str. 11.
Dresdener Bezirks-Verein deutscher Ingenieure, Dresden-A., Falkenstr. 22.
Frankfurter Bezirksverein deutsch. Ingenieure, Frankfurt a. M., Kreuznacher Straße 54.
Hessischer Bezirksverein deutscher Ingenieure, Cassel.
Kölner Bezirks-Verein deutscher Ingenieure, Köln, Siontal 5.

Mosel-Bezirks-Verein deutscher Ingenieure, Diedenhofen, Huttenstr. 9.
Pfalz-Saarbrücker Bezirks-Verein deutscher Ingenieure, Saarbrücken 3.
Posener Bezirks-Verein deutscher Ingenieure, Posen O 1, Königplatz 4.
Bezirks-Verein Rheingau des Vereins deutscher Ingenieure, Gustavsburg.
Ruhr-Bezirks-Verein deutscher Ingenieure, Essen/Ruhr, Bahnhofstr. 38.
Schleswig-Holsteinischer Bezirks-Verein deutscher Ingenieure, Kiel, Frankestr. 4.
Siegener Bezirks-Verein deutscher Ingenieure, Direktor Ulrich, Weidenau, Waldstr. 6.
Unterweser-Bezirks-Verein deutscher Ingenieure, Dipl.-Ing. Lange, Geestemünde, Spichernstr. 9.
Bibliothek der Königlich Technischen Hochschule, Berlin-Charlottenburg 2.
Chemische Fabrik Griesheim-Elektron, Frankfurt a. M.
Düsseldorfer Luftfahrer-Klub, E.-V., Oberbürgermeister Wilhelm Marx, Düsseldorf, Breite Str. 25.
Flensburger Stadtgemeinde, Oberbürgermeister Dr. Todsen, Flensburg.
Frankfurter Verein für Luftschiffahrt, E. V., Frankfurt a. M., Kettenhofweg 136.
Kaiserliches Observatorium, Wilhelmshaven.
Kgl. Sächsischer Verein für Luftfahrt, Dresden, Ferdinandstr. 5.
Königliche Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau, Berlin NW 23, Schleuseninsel im Tiergarten.
Königlich Bayerische Flieger-Station, Ober-Schleißheim.
Königliches Militärversuchsamt, Berlin (Postamt Plötzensee).
Kurhessischer Verein für Luftfahrt, Sektion Marburg a. d. Lahn, Physikal. Institut.
Mittelmosel-Verein für Luftfahrt, Bernkastel-Cues.
Naturforschende Gesellschaft, Danzig, Frauengasse 26.
Physikalisches Institut der Universität, Leipzig, Linnestr. 5.
Reichs-Flug-Verein, E. V., Berlin W 62, Lutherstr. 13, Gh. pt.
Stabilimento Esperienze, E Costruzione Aeronautiche, Rom.
Verein deutscher Ingenieure, Berlin NW, Sommerstr. 4a.
Verein Deutscher Motorfahrzeug-Industrieller, Berlin W 8, Unter den Linden 12/13.
Verein für Flugwesen in Mainz, E. V. Gr. Bleiche 48.
Versuchsanstalt für Flugwesen der Kgl. Technischen Hochschule zu Berlin, Berlin-Reinickendorf-West, Spandauer Weg.

Ordentliche Mitglieder, aufgenommen im Geschäftsjahr 1913/14.

Antrick, Prof. Dr., Berlin.
Arco, Graf Harry, Berlin.
Bredenbreuker, Hauptmann, Berlin-Schöneberg.
Brodowski, Oskar, stud. math., Göttingen.
Bucherer, Max, Zivil-Ing., Berlin-Reinickendorf-West.
Bühlmann, Karl, Dipl.Ing., München.
Busse, Karl, Zivil-Ing., Berlin.

Cohnheim, O., Professor Dr., Hamburg.
Conrad, Robert, Zivil-Ing., Berlin.

v. Doblhoff, Freiherr Walther, Dr.-Ing., Tribuswinkel bei Wien.
Doench, Landgerichtsdirektor, Frankfurt a. M.
Dörr, Dipl.-Ing. Leiter der Luftschiff-Werft, Potsdam.

Franken, Reg.-Baumeister, Berlin.

Gaule, Karl, Dipl.-Ing., Aachen.
Gerdien, Hans, Dr. phil. Berlin-Halensee.
Gerhards, Wilhelm, Marine-Ingnieur, Kiel.
Gohlke, Ingenieur, Berlin-Steglitz.
Gümbel, Professor Dr.-Ing., Berlin-Charlottenburg.

Halben, Privatdozent Dr., Berlin.
Hassenbach, Herm., Kand. d. Maschinenbaufaches, Danzig-Langfuhr.
Heis, Leonhard, Dr., Göttingen.
Heller, Dr., Cöpenick b. Berlin.
Helmrich v. Elgott, Leutnant, Naumburg.
Hertel, Alfred, Kgl. Gymnasiallehrer, Kitzingen a. M.
Hesse, Max, Dipl.-Ing., Trautenau i. Böhmen.
Hoernes, Hermann, Oberstleutnant, Linz a. d. Donau.

die militärtechnische Akademie Berlin, Schöneberg, Martin-Luther-Str. 47.

Brill, Dr. A., Frankfurt a. M., Kettenhofweg 136.

Brodowski, Oskar, stud. math., Göttingen, Untere Maschstr. 17.

Bucherer, Max, Zivil-Ing., Berlin-Reinickendorf-West, General-Woyner-Str. 67.

Budde, Prof. Dr., Berlin SW 11, Askanischer Platz 1—4.

Busse, Karl, Zivil-Ing., Berlin S 14., Alte Jakobstr. 88.

Camozzi, Otto, Direktor, Niederlößnitz bei Dresden.

Cohnheim, Professor O., Hamburg, Loogestillgasse 13.

Conrad, Robert, Zivil-Ing., Berlin W 50, Nürnberger Platz 5.

Coulmann, W., Kaiserlicher Marine-Schiffsbaumeister, Kiel, Scharnhorststr. 2.

Coym, Arthur, Dr., Lindenberg, Kr. Beeskow, Kgl. Preuß. Aeronautisch. Observatorium.

Degn, P. F., Dipl.-Ing., Dietrichsdorf b. Kiel, Heikendorfer Weg 23.

Deimler, Wilhelm, Dr., München, Gabelsbergerstr. 30, III.

Dieckmann, Privatdozent Dr. M., Gräfelfing bei München, Bergstr. 42.

Dietzius, Alex., Dipl.-Ing., Privatdozent, Wiesbaden, Leberberg, 6. Villa Alma.

v. Doblhoff, Freiherr Walther, Dr.-Ing., Konstrukteur am aeromechanischen Laboratorium der K. K. techn. Hochschule zu Wien, Triebuswinkel b. Wien.

Doench, Landgerichtsdirektor, Frankfurt a. M., Wolfgangstr. 109.

Dorn, Geheimrat Prof. Dr., Halle a. S, Paradeplatz 7.

Dorner, H., Dipl.-Ing., Berlin SO 26, Elsenstr. 107.

Dornier, C., Dipl.-Ing., Friedrichshafen a. B., Hochstr. 1, Villa Meßner.

Dörr, Dipl.-Ing. W. E., Stationschef und Leiter der Luftschiffwerft, Potsdam, Waisenstr. 64.

Duisberg, Karl, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr., Generaldirektor, Leverkusen bei Köln a. Rhein.

Dürr, Oberingenieur, Friedrichshafen a. B.

Eberhardt, C., Dipl.-Ing., Prof. an der Technischen Hochschule Darmstadt.

Ehrensberger, Dr., Direktor, in Firma Krupp, Essen-Ruhr.

Ehrlich, Exzellenz, Wirkl. Geh. Rat Prof. Dr., Frankfurt a. M., Westendstr. 62.

von Einsiedel, Hugo, Dr. med., Dresden, Reichenbachstr. 1.

Elias, Dr., Berlin-Westend, Stormstr. 7.

Elster, Wirkl. Geh. Ober-Reg.-Rat Dr., Berlin W 8, Unter den Linden 4.

Elster, Johannes, Adorf i. Vogtland.

Emden, Prof. Dr., München, Habsburger Straße 4.

Ernst, Hauptmann, Straßburg im Els., Taulerstr. 9.

Erythropel, Dr. Geh. Finanzrat, Vortragender Rat im Finanzministerium, Berlin, Meraner Str. 9.

Euler, August, Fabrikbesitzer, Frankfurt a. M. Niederrad.

Everling, Dr. phil. Emil, Adlershof, Adlergestell 28, II.

Fehlert, Dipl.-Ing., Patentanwalt, Berlin SW, Belle-Alliance-Platz 17.

Fiedler, Wilhelm, Kaufmann, Dresden, Portikusstr. 8.

Finsterwalder, Geheimrat Professor Dr., München-Neuwittelsbach, Flüggenstr. 4.

Fischer, Emil, Exz., Wirkl. Geh. Rat, Prof. Dr., Berlin N 4, Hessische Str. 1.

Fischer, P. B., Oberlehrer, Berlin Lichterfelde-West, Kommandantenstr. 85, III.

Flemming, Stabsarzt Dr., Schöneberg, Martin-Luther-Str. 59.

Föttinger, Prof. Dr.-Ing., Zoppot-Danzig, Baedekerweg 13.

Frank, Fritz, Chemiker, Dr., Berlin W 35, Lützowstr. 96.

Franken, Reg.-Baumeister, in Firma Stern und Sonneborn, Berlin N. Gerichtstr. 27.

Friedländer, Hofrat, Professor Dr., Hohe-Mark im Taunus.

Friedländer, Korvettenkapitän a. D., Kiel, Holtenauerstr. 62.

Friese, Robert, M., Professor, Charlottenburg, Schillerstr. 12.

Fritsch, Bernhard, Dipl.-Ing., Hamburg, Bornstr. 16.

Fröbus, Waletr, Prokurist, Berlin W 62, Kleiststr. 8.

Fuhrmann, Dipl.-Ing. Dr., Adlershof, Adlergestell 28.

v. Funcke, Major, Dresden-N. Arndtstr. 9.

Gabriel, Michael, Oberingenieur, Johannisthal, Kaiser-Wilhelm-Str. 48.
Gans, Leo, Geh. Kommerzienrat, Frankfurt a. M., Barkhausstr. 14.
v. Gans, Paul F., Dr., München, Konradstr. 16.
Gaule, Karl, Dipl.-Ing., Aachen, Moreller Weg 10.
Gebers, Fr., Ing. Dr., Direktor der Schiffsbautechnischen Vers.-Anst. Wien, XX, Brigittenauerlände.
Geerdtz, Franz, Hauptmann, Hannover, Walderseestr. 10.
Gehlen, Dr., Dipl.-Ing., Friedrichshafen a. B., Friedrichstr. 29.
George, Hauptmann, Charlottenburg, Mindenerstr. 24.
Gerdien, Hans, Dr. phil., Berlin-Halensee, Augusta-Viktoria-Str. 3.
Gerhards, Wilhelm, Marine-Ingenieur, Kiel, Lübeckerstr. 2.
Gimbel, Otto, Dr.-Ing., Volksdorf bei Hamburg, Hüßberg 14.
Giesecke, Ernst, Ökonomierat, Klein-Wanzleben, Bez. Magdeburg.
Gießen, Torpedo-Stabsingenieur, Friedrichsort.
Gohlke, Ingenieur, Adlershof, Kaiser-Wilhelm Straße 27.
Goldschmidt, Hans, Dr., Essen-Ruhr.
Goldschmidt, Karl, Kommerzienrat Dr., Essen-Ruhr.
v. d. Goltz, Freiherr Exz., Generalleutnant z. D., Berlin W, Fasanenstr. 61.
Grade, Hans, Ingenieur, Bork, Post Brück i. d. Mark.
Gradenwitz, Richard, Fabrikbesitzer, Ing., Berlin W. 15, Kurfürstendamm 181.
v. Gröning, Geh. Reg.-Rat Dr., Berlin W 15, Kurfürstendamm 50.
Groß, Oberstleutnant, Kommandeur des 2. Telegraphen-Bataillons, Karlsruhe, Baden, Moltkestr. 45.
Große, Professor Dr., Bremen, Freihafen 1.
Grübler, M., Geheimrat, Professor Dr., Dresden-A., Bernhardstr. 98.
Gruhl, Kurt, Dresden, Tiergartenstr. 12.
Grulich, E., Dr. med., Darmstadt, Steinstraße 21.
Grulich, Karl, Dipl.-Ing., Gotha, Rheinhardtsbrunnenstr. 42
v. Guilleaume, Max, Geh. Kommerzienrat, Köln a. Rh., Apolstelnkloster 15.
Gümbel, Prof. Dr.-Ing., Berlin-Charlottenburg, Schloßstr. 66.
Gygas, Hans, Fregattenkapitän, Danzig, Werftgasse 1a.

Haas, Rudolf, Dipl.-Ing. Dr., Mannheim-Waldhof, Papyrus A.-G.
Halben, Privatdozent Dr., Berlin W, Fasanenstraße 72, pt.
v. Hänisch, Exzellenz, Generalleutnant, Generalinspekteur d. Milit.-Verkehrs-Wesens, Berlin W 15, Kurfürstendamm 179.
Harpner, Robert, Ing., Berlin W 30, Gossowstr. 5.
Harres, Franz, Dr., Schlebusch bei Köln, Sprengstoff-A.-G. Carbonit.
Hartmann, Eugen, Prof. Dr., Frankfurt a. M., Königstr. 97.
Haß, H., Professor, Hamburg Isestr. 29.
Hassenbach, H., Kand. d. Maschinenbaufaches, Danzig-Langfuhr, Gustav-Raddeweg 3, pt.
Heimann, Knappschaftsdirektor Dr. jur., Bochum, Gabelsberger Str. 19.
Heinkel, Ernst, Ing., Johannisthal bei Berlin, Wernerstr. 22.
Heinrich Prinz von Preußen, Dr.-Ing., Königliche Hoheit, Kiel, Schloß.
Heis, Leonhard, Dr., Göttingen, Bergstr. 11.
Heller, Dr., Köpenick, Lindenstr. 10a.
Helmrich v. Elgott, Leutnant, Naumburg, Kadettenhaus.
Hergesell, Geh. Reg.-Rat Professor Dr., Lindenberg, Kr. Beeskow, Kgl. Preuß. Aeronautisches Observatorium.
Hertel, Alfred, Kgl. Gymnasiallehrer, Kitzingen/Main, Wörthstr. 12, I.
Herzig, Wilhelm, Kaufmann, Dresden, Nürnberger Str. 30.
Hesse, Max, Dipl.-Ing., Trautenau/Böhmen.
Hetzer, Gustav, Major z. D., Loschwitz bei Dresden, Landhaus Hohenlinden.
v. Hevesy, W., Dipl.-Ing., Paris, Rue de l'Université 169.
v. Hiddessen, Leutnant, Darmstadt, Dragoner-Regt. 24.
Hiele, K., Ing., Nürnberg, Haslerstr. 3.
Hildebrandt, Hauptmann a. D., Dr. phil., Berlin W 30, Martin-Luther-Str. 10.
Hirsch, Paul, cand. math., Göttingen, Weender Chaussee 88.
Hirth, Helmuth, Ober-Ingeneuir, Wilmersdorf, Augustastr. 8/9.
Hoff, Wilhelm C. Th., Dr.-Ing., Köpenick, Spreestr. 2 (II. Eingang).

Hopf, L., Dr., Assistent, Aachen, Techn. Hochschule.

Höpfner, Wirkl. Geh. Ob.-Reg.-Rat Dr., Göttingen.

Hormel, Walter, Kapitänleutnant a. D., Berlin W 62, Nymphenburger Str. 2.

Hoernes, Hermann, Oberstleutnant, Linz a. Donau, Adlergasse 10.

Hoßfeld, Wirkl. Geh. Oberbaurat, Berlin W 15, Pariser Str. 38.

Huberty, August, Dresden-A, Prager Str. 2.

Huppert, Prof., Frankenhausen a. Kyffhäuser.

Imle, Emil, Dipl.-Ing., Fabrikbesitzer, Dresden, Weißer Hirsch.

v. Isenburg-Birstein, Franz Joseph, Fürst, Durchlaucht, Staatsherr, Major à la suite der Armee, erbl. Mitglied des preuß. Herrenhauses und der 1. Kammer des Großherzogtums Hessen, Birstein, Reg.-Bez. Kassel.

Jablonsky, Bruno, Berlin W 15, Kurfürstendamm 237.

Jaeger, Dr., wissenschaftlicher Hilfsarbeiter am Kgl. Preuß. Aeronautischen Observatorium Lindenberg, Kr. Beeskow.

Jaekel, Kurt, Zivil-Ing., Berlin W 35, Kurfürstenstr. 37

Jakob-Margella, G., Redakteur, Leipzig, Konstantinstr. 14, I.

Joachimczyk, Alfred, Dipl.-Ing., Berlin W, Kurfürstenstr 46.

Jonas, Bankier, Otto, Hamburg, Neuer Wall 26—28.

Joseph, Ludwig, Justizrat Dr., Frankfurt a. M., Taunusstr. 1.

Joukowsky, N., Professor Dr., Moskau, Universität.

Junkers, Professor, Aachen, Frankenburg.

Kahnt, Oswald, Wasserflugzeugbau und Fliegerschule, Leipzig-Lindenthal.

v. Kàrmàn, Professor Dr., Aachen, Technische Hochschule.

v. Kehler, Richard, Hauptmann d. R., Charlottenburg, Dernburgstr. 49.

Kempf, Günther, Dr.-Ing., Hamburg-Bergedorf, Ernst-Mantiusstr. 22.

Kiefer, Theodor, Oberingenieur, Bitterfeld, Kaiserstr. 40.

Kikut, Edmund, Ing., Johannesthal, Kaiser-Wilhelm-Str. 9.

Klein, J., Geheimrat Professor Dr., M. d. H., Göttingen.

Kleinschmidt, E., Dr., Vorstand der Drachenstation Friedrichshafen a. B.

Kleyer, H., Kommerzienrat, Dr.-Ing., Frankfurt a. M., Wiesenhüttenplatz 33.

Klingenberg, H., Prof. Dr., Charlottenburg, Neue Kantstr. 21.

Knoller, R., Professor, Wien I, Riemengasse 8.

Kober, Theodor,, Dipl.-Ing., Direktor, Friedrichshafen a. B., Flugzeugbau Friedrichshafen.

Kölzer, Joseph, Dr., Meteorologe bei der Inspektion des Militär-Luft- und Kraft-Fahr-Wesens, Berlin-Schöneberg, Kaiser-Friedrich-Str. 5.

König, Walter, Professor Dr., Gießen, Ludwigstr. 76.

Krause, Max, Fabrikbesitzer, Berlin-Steglitz, Grunewaldstr. 44.

Krell, O., Direktor, Berlin W 15, Kurfürstendamm 22.

Krey, H., Reg.- und Baurat, Berlin NW 23, Schleuseninsel im Tiergarten.

v. Krogh, C., Hauptmann a. D., Berlin-Friedenau, Stubenrauchstr. 17.

Krüß, Professor Dr., Berlin W 8, Unter den Linden 4, Kultus-Ministerium.

Kutta, Wilhelm, Professor Dr., Stuttgart, Römerstr. 138.

Lange, Marine-Ober-Ing., Marine-Flieger-Station Putzig bei Danzig.

Lanz, Karl, Dr., Mannheim, Hildastr. 7.

Laudahn, Wilhelm, Marinebaurat, Grunewald bei Berlin, Gillstr. 2a.

Lehmann, Major, Kommandeur des Telegraphen-Bataillons Nr. 2, Frankfurt a. O.

Lehmann-Richter, E. W., Dr. phil., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Beethovenstraße 5.

Leick, Arnold, Dr., Berlin W 30, Barbarossastraße 61.

Leick, Walter, Oberlehrer, Professor Dr., Berlin-Lichterfelde-West, Kommandantenstr. 85.

Lepsius, B., Professor Dr., Berlin-Dahlem, Podbielski-Allee 45.

Lewald, Th., Wirkl. Geh. Ober-Reg.-Rat Dr., Ministerialdirektor, Berlin W 10, Kaiserin-Augusta-Str. 58.

Lilienthal, Gustav, Baumeister, Berlin-Lichterfelde, Marthastr. 5.

v. Linde, C., Geheimrat, Professor Dr., München, 44. Prinz-Ludwig-Höhe.

Lindgens, Adolf, Köln - Bayenthal, Oberländer Ufer 30.

Lingner, K. A., Exzellenz, Wirkl. Geh. Rat Dr., Dresden, Großenhainer Str. 9.

Linke, Fr., Dr., Dozent, Frankfurt a. M., Kettenhofweg 105.

Lissauer, Walter, Dr., Görries bei Schwerin.

Lorenzen, D., Ingenieur, Berlin-Neukölln, Münchener Str. 46.

Ludewig, P., Dr., Privatdozent, Freiberg i. S. Albertstr. 22.

Lutz, R., Professor Dr.-Ing., Trondhjem, Technische Hochschule.

v. Lyncker, Freiherr, Exzellenz, General der Infanterie z. D., Halensee, Kurfürstendamm 105.

Madelung, E., Dr., Privatdozent, Göttingen, Bergstr. 15.

Madelung, Georg, Ing., Adlershof, Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt.

Mangelsdorff, Oberingenieur, Kiel, Feldstraße 152.

Marcuse, Adolf, Professor Dr., Charlottenburg 4, Dahlmannstr. 12.

v. Martius, C. A., Dr., Berlin W 9, Voßstraße 12.

Maschke, Georg, Rentier, Charlottenburg, Goethestr. 1.

Masse, Alfred, Hamburg, Graskeller 6.

v. Maydell, Baron Woldemar, Riga, Rußland, Schulenstr. 11, Pension Haken.

Meckel, Paul, Bankier, Charlottenburg, Witzlebenstr. 31.

ter Meer, Geh. Kommerzienrat Dr., Uerdingen am Rhein.

Meißner, Alexander, Dr.-Ing., Berlin SW, Tempelhofer Ufer 25.

Mengelbier, Oskar, Ing.-Chemiker, Berlin W 50, Neue Ansbacher Str. 11.

Merten, Exzellenz, Vizeadmiral z. D., Wilmersdorf, Landauerstr. 12.

Messing, Generalmajor, Berlin-Lichterfelde, Paulinenstr. 29.

Meycke, Torpedo-Ober-Ing., Kiel, Wrangelstraße 30.

Meyer, Alex, Assessor, Dr., Frankfurt a. M., Beethovenstr. 23.

Meyer, Bernhard, Kommerzienrat, Leipzig, Königstr. 5/7.

Meyer, Eugen, Professor Dr., Charlottenburg, Neue Kantstr. 15.

Meyer, Paul, Ober-Reg.-Rat, Dr., Frankfurt a. M., Beethovenstr. 23.

Michelsen, Kapitän z. S., Präses des Torpedo-Versuchskommandos, Kiel.

Mickel, Ernst, Hauptmann, Cöln a. Rh., Bachenerstr. 264.

Miethe, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr., Halensee, Halberstädter Str. 7.

v. Miller, Oskar, Reichsrat Dr., München, Ferdinand-Miller-Platz 3.

v. Mises, Professor Dr. Edler, Straßburg i. Els., Schweighäuserstr. 20.

Mitscherling, Paul, Fabrikbesitzer, Radeburg bei Dresden, Bahnhofstr. 199.

v. Möller, Exzellenz, Staatsminister, Berlin W 10, Von der Heydtstr. 12.

Moench, F., Assistent, Post Königstein im Taunus, Feldberg-Observatorium.

Morell, Wilhelm, Fabrikbesitzer, Leipzig, Apelstr. 4.

Morin, Dipl.-Ing., Patentanwalt, Berlin-Charlottenburg, Knesebeckstr. 94.

Mügge, O., Professor Dr., Göttingen, Hoher Weg 25.

Müller, Richard, Marine-Baurat, Friedenau bei Berlin, Wagner-Platz 7.

Müller-Breslau, Geh. Reg.-Rat, Dr., Prof. an der Technischen Hochschule Charlottenburg, Mitglied der Akademie der Wissenschaften, Villenkolonie Grunewald bei Berlin, Kurmärkische Str.

Nachtweh, A., Professor Dr.-Ing., Hannover, Technische Hochschule.

Nadai, A., Dr.-Ing., Arosa, Schweiz, Haus Marazzi.

Naß, G., Professor Dr., Charlottenburg, Mommsenstr. 63.

Naumann, Exzellenz, Wirkl. Geheimer Rat, Dr., Berlin W 62, Burggrafenstr. 4.

Nernst, W., Geheimrat Professor Dr., Berlin W 35, Am Karlsbad 26 a.

v. Nieber, Stephan, Exzellenz, Generalleutnant z. D., Berlin W 15, Fasanenstraße 43.

Nusselt, W., Privatdozent Dr.-Ing., Dresden, Nürnberger Str. 23.

v. Oechelhäuser, W., Generaldirektor, Dr.-Ing., Dessau.

v. Oldershausen, Freiherr, Oberstleutnant, Straßburg i. Els., Nikolausring 1.

Oppenheimer, M. J., Fabrikbesitzer, Frankfurt a. M., Rheinstr. 29.

Oertz, Max, Werftbesitzer, Hamburg, An der Alster 84.

Oschmann, Oberstleutnant, Kriegsministerium, Berlin W 66, Leipziger Str. 5.
Otzen, Robert, Magnifizenz Professor, Rektor der Technischen Hochschule, Hannover, Blumenhagenstr. 9.

v. Parseval, A., Major z. D., Professor Dr.-Ing. h. c., Charlottenburg, Niebuhrstraße 6.
Peppler, Albert, Privatdozent Dr., Gießen, Schiffenbergerweg 43.
v. Petri, O., Geh. Kommerzienrat Dr., Nürnberg.
Pfeiffer, Friedrich, Privatdozent Dr., Halle a. S., Karlstr. 31.
Pfund, Max, Prokurist, Dresden, Bautzener Straße 63.
v. Pohl, Gustav, Freiherr, Hamburg 36, Gr. Theaterstr. 33.
Pohlhausen, Karl, stud. math., Göttingen, Bergstr. 9.
Polis, Professor Dr., Aachen, Monheimsallee 62.
Poppel, L., Kaufmann, Bergwerksdirektor, Dresden-Strehlen, Mozartstr. 5.
Poeschel, F. J., Oberstudienrat, Professor Dr., Rektor der Fürstenschule St. Afra, Meißen.
Prandtl, L., Professor Dr., Göttingen, Prinz-Albrecht-Str. 20.
Precht, J., Professor Dr., Hannover, Am Grasweg 39.
Preßler, Kurt, Plauen im Vogtland, Hofwiesenstr. 8.
Pringsheim, Ernst, Universitätsprofessor, Breslau.
Probst, P. G., Hüttendirektor, Düsseldorf, Graf-Adolf-Str. 83.
Pröll, Arthur, Dr.-Ing., Professor an der Technischen Hochschule, Hannover, Militärstr. 18.
v. Pustau, Eduard, Kapitän z. S. a. D., Wilmersdorf, Prager Str. 13.

Quelle, Fr., Bremen, Am Wall 169.
Quittner, Viktor, Dipl.-Ing., Dr., Berlin W 62, Kalckreuthstr. 16.

Rasch, Ferdinand, Generalsekretär des D. L. V. Berlin-Charlottenburg 2, Joachimsthaler Str 1.
Rau, Friedrich, Zivil-Ing., Berlin N 4, Kesselstr. 16.
Ravoth, Alfred, Ing. der Fiat-Werke, Wien-Floridsdorf.
Reichardt, Otto, Dipl.-Ing., München, Akademiestr. 7.
Reinganum, Dr., Professor an der Universität, Freiburg i. Br., Ludwigstr. 33.
Reißner, H., Professor Dr.-Ing., Charlottenburg, Windscheidstr. 39.
Reitz, Marine-Oberbaurat, Berlin-Halensee, Joachim-Friedrich-Str. 16.
Reuter, Otto, Dipl.-Ing., Berlin-Wilmersdorf, Bregenzer Str. 8.
Richarz, F., Professor Dr., Marburg in Hessen.
Riecke, E., Geheimrat Professor Dr., Göttingen, Bühlstr. 22.
Riedinger, August, Kommerzienrat, Augsburg, Prinzregentenstr. 2.
Rieß von Scheurnschloß, Exz. Generalleutnant z. D., Präsident der deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, Charlottenburg, Schlüterstr. 29.
Romberg, Hauptmann, Osnabrück, Goethestraße 35.
Romberg, Friedrich, Magnifizienz, Professor, Rek or der Technischen Hochschule, Charlottenburg.
v. Rottenburg, Gerichtsassessor, Frankfurt a. M., Schwindstr. 20.
Rotzoll, H., Dr., Bitterfeld, Luftfahrzeug-Gesellschaft.
Rumpler, E., Direktor, Ing., Johannisthal, b. Berlin.
Runge, C., Geheimrat Professor Dr., Göttingen
Runge, Richard, Hamburg, Gröniger Str. 14.

Sack, Paul, Kommerzienrat Dr., Plagwitz bei Leipzig, Karl-Hein-Str. 101.
v. Sanden, Privatdozent Dr., Göttingen, Düsterer Eichenweg 20.
Schatzmann, Marine-Baumeister, Bremen, Besselstr. 86, I.
Scheit, H., Geheimer Hofrat, Professor, Dresden 20, Königsteinstr. 1.
Scherz, Walter, stud. arch. nav., Charlottenburg, Grolmannstr. 59a.
Schiller, Dr. Ludwig, Assistent, Leipzig, Linnéstr. 5.
Schilling, Professor Dr., Bremen, Seefahrtschule.
Schleiermacher, L., Dr., Professor a. D., Privatdozent an der Technischen Hochschule Darmstadt, Aschaffenburg, Grünewaldstr. 19.

Schlink, Professor Dr.-Ing., Braunschweig. Berner Str. 8.

Schmal, O., Direktor, Quaßnitz bei Leipzig.

Schmickaly, Kurt, Leutnant in der Fliegertruppe. Straßburg i. Els., Marienstr. 7, I.

Schmid, C., Dipl.-Ing., Adlershof bei Berlin, Adlergestell 28

v. Schmidt, August, Geh. Hofrat Dr., Stuttgart, Hegelstr. 32.

Schmidt, C., Dr. med., Dresden-Strehlen, Josephstr. 12.

Schmidt F., Ministerialdirektor Dr., Steglitz, Schillerstr. 7.

Schmidt, K., Professor Dr., Halle a. S., Am Kirchtor 7.

Schmiedecke, Generalmajor, Kommandeur der 2. Eisenbahn-Brigade, Hanau.

Schmitt, Joseph, Professor Dr., Essen/Ruhr, Sybillestr. 19.

Schnetzler, Eberhard, Ing., Frankfurt a. M., Schwanthalerstr. 12.

Schreber, Professor Dr., Aachen, Technische Hochschule.

Schreiber, Ober-Reg.-Rat, Prof. Dr., Dresden, Gr. Meißener Str. 15.

Schuch, Friedrich, Kaufmann, Hamburg, Pulverteich 12.

Schütte, Geh. Reg.-Rat, Prof., Danzig-Langfuhr, Johannistal 3.

Schwarzschild, R., Geheimrat, Professor, Potsdam, Telegraphenberg.

Seddig, Dr., Privatdozent für Physik an der Akademie Frankfurt a. M., Buchschlag bei Frankfurt a. M.

v. Selasinsky, Eberhard, Hauptmann, Paderborn, Infanterie-Regt. 158, Westernstraße 34.

Seppeler, E., Dipl.-Ing., Adlershof, Deutsche Versuchsansatlt für Luftfahrt. Leiter der Motorenabteilung.

Seyrich, Dr.-Ing., Ober-Ing., stellvertretender Direktor, Dresden-A., Chemnitzer Straße 22.

Sieg, Georg, Marine-Baumeister, Berlin-Friedenau, Schwalbacherstr. 7

v. Sierstorpff, Adalbert, Graf, Berlin W 10, Kaiserin-Augusta-Str. 75/76.

Silverberg, Dr. P., General-Direktor, Cöln, Worringerstr. 18.

Simon, August Th., Lederfabrikant, Kirn a. d. Nahe.

Simon, Th., Kommerzienrat, Kirn a. d. Nahe.

Simon, Fritz, Th., Konsul, Bremen, Parkallee 71.

Simon, Herrmann Th., Professor Dr., Göttingen, Nikolausberger Weg 20.

Simon, Robert Th., Kirn a. d. Nahe

v Soden-Fraunhofen, Freiherr, Dipl.-Ing., K. Bayerischer Kämmerer, M. d. R., Friedrichshafen a. B.

Spieß, Gustav, Professor, Frankfurt a. M., Schaumainkai 26.

Stade, H., Observator, Professor Dr., Schöneberg bei Berlin, Wartburgstr. 16.

Stein, Direktor, Charlottenburg, Kaiserdamm 8.

Sticker, Joseph, Gerichtsassessor a. D., Berlin W 30, Aschaffenburger Str. 8.

Straubel, Professor Dr., Jena, Zeißwerke.

Strauß, Heinrich, Zahnarzt, Berlin W 35, Lützowstr. 15.

Stroschein, Edwin, Dr., Dresden-A., Pragerstraße 14.

Süring, Professor Dr., Potsdam, Telegraphenberg.

Sutter, Herrmann, Dresden, Christianstr. 35.

Szamatolski, Hofrat Dr., Frankfurt a M., Westendstr. 85.

Szkólnik, Leopold, Dipl.-Ing., Johannisthal, Waldstr. 9.

Taaks, O., Kgl. Baurat, Hannover, Marienplatz.

Tanakadate, Aikitu, Dr., Professor an der kaiserlichen Universität Tokio, Mitglied der kaiserlichen Akademie, Tokio (Tôkyô) Jayoityô 2.

Tepelmann, Hauptmann a. D., Dr.-Ing., Braunschweig, Viewegstr. 1.

Tetens, Observator, Professor Dr., Lindenberg, Kr. Beeskow.

Thelen, Robert, Dipl.-Ing., Hirschgarten bei Berlin, Eschenallee 5.

Thoma, Dr.-Ing., Gotha, Schöne Allee 6.

Tischbein, Willy, Direktor, Hannover, Vahrenwalderstr. 100.

Trefftz, Dr., Assistent an der Königlich Technischen Hochschule, Aachen, Lousbergerstr. 38.

Treitschke, Friedrich, Fabrikbesitzer, Kiel, Niemannsweg 81b.

Trommsdorf, Oberlehrer Dr., Göttingen, Friedländerweg 59 pt.

v. Tschudi, Major a. D., Berlin-Schöneberg, Apostel-Paulus Str. 16.

Tull, Geh. Ober-Reg.-Rat Dr., Berlin-Lichterfelde, Marienplatz 7.

Ursinus, Oskar, Zivil-Ing., Frankfurt a. M., Bahnhofsplatz 8.

Veith, Wirkl. Geh. Oberbaurat, Dr.-Ing., Abtlgs.-Chef im Reichs-Marine-Amt, Berlin W 50, Spichernstr. 23.
Visnya, Aladar, Professor Dr., Budapest I, Marosgasse 20.
Voigt, Geheimrat Professor Dr., Göttingen, Grüner Weg.
Vollbrandt, Adolf, Kaufmann, Freiburg i. Br., Bayernstr. 6.
Vollmann, Richard, Sebnitz in Sachsen, Hertigswalder Str. 1.
Vorreiter, Ansbert, Zivil-Ing., Berlin W 57, Bülowstr. 73.

Wachsmuth, R., Professor Dr., Rektor der Akademie für soziale Wissenschaft, Frankfurt a. M., Kettenhofweg 136.
Wacker, Alexander, Geh. Kommerzienrat, Schachen bei Lindau in Bayern.
Wagner, H., Geheimrat Professor Dr., Göttingen, Grüner Weg.
Wahl, Marine-Baurat, Johannisthal, Trützschlerstr. 1.
Wallach, Geheimrat Professor Dr., Göttingen, Hospitalstr. 10.
Walter, M., Direktor, Bremen, Schönhausenstraße
Wassermann, B., Patentanwalt, Dipl.-Ing., Berlin SW, Alexandrinenstr. 1b.
Weber, M., Professor, Nikolassee bei Berlin, An der Rehwiese 13.
de Weerth, Fritz, Dr., Berlin W 30, Rosenheimerstr. 24.
Wegener, Dr., Göttingen, zurzeit Spitzbergen.
Weidenhagen, R., Vorsteher der Wetterwarte, Magdeburg, Bahnhofstr. 17.
Weißmann, Robert, Staatsanwaltschaftsrat, Dr., Berlin-Grunewald, Niersteinerstraße 3.
Weißwange, Dr. med., Besitzer des Südsanatoriums, Dresden, Schnorrstr. 82.
Wenger, R., Dr., Leipzig, Nürnberger Str. 57.
Werner, Martin, Dipl., Landwirt, Berlin NW, Holsteiner Ufer 21.
Westphal, Paul, Ing., Berlin-Schöneberg, Hauptstr. 14—16.
Wiechert, E., Geheimrat Professor Dr., Göttingen.
Wiener, Otto, Direktor, Johannisthal bei Berlin, Flugplatz, Albatroswerke.
Wieselsberger, C., Dipl.-Ing., Göttingen, Nikolausberger Weg 37.
Wigand, Dr., Halle a. S., Kohlschütter Str. 9.
Wolf, Heinrich, Kaufmann, Leipzig, Brühl 62
Wolff, Ernst, Direktor der Daimler-Motoren-Gesellschaft, Berlin-Lankwitz, Mozartstraße 32.
Wolff, Dr. phil. Hans, Breslau 8, Rotkretscham.
Woermann, Eduard, Kaufmann, Hamburg, Reichenstr, Afrikahaus.
Wurmbach, Julius, Fabrikant, Berlin-Grunewald, Pücklerstr. 14.

Zanders, Hans, Kommerzienrat, Bergisch-Gladbach.
v. Zeppelin, Ferdinand, Graf, Exzellenz, General d. Kavallerie z. D., Dr.-Ing., Friedrichshafen a. B.
v. Zeppelin jr., Ferdinand, Graf, Dipl.Ing., Friedrichshafen a. B., Friedrichstr. 35.
Ziervogel, W., Oberbergrat, Staßfurt, Steinstraße 21.
Zimmermann, H., Wirkl. Geh. Oberbaurat, Dr.-Ing., Berlin NW 52, Calvinstr. 4.
Zinke, Conrad, Meißen a. Elbe.
Zopke, Regierungsbaumeister a. D., Professor, Hamburg, Andreasstr. 17.
Zselyi, Alador, Dipl.-Ing., Budapest, Fehevari ut 58.

c) Außerordentliche Mitglieder:

Argentinischer Verein deutscher Ingenieure, Buenos-Aires, Tucumân 900.
Berliner Flugsport Verein, E.-V., Berlin N 65, Seestr. 60.
Aachener Bezirks-Verein deutscher Ingenieure, Aachen.
Bergischer-Bezirks-Verein deutscher Ingenieure, Elberfeld, Dessauer Str. 11.
Dresdener Bezirks-Verein deutscher Ingenieure, Dresden-A., Falkenstr. 22.
Frankfurter Bezirksverein deutsch. Ingenieure, Frankfurt a. M., Kreuznacher Straße 54.
Hessischer Bezirksverein deutscher Ingenieure, Cassel.
Kölner Bezirks-Verein deutscher Ingenieure, Köln, Siontal 5.

Mosel-Bezirks-Verein deutscher Ingenieure, Diedenhofen, Huttenstr. 9.

Pfalz-Saarbrücker Bezirks-Verein deutscher Ingenieure, Saarbrücken 3.

Posener Bezirks-Verein deutscher Ingenieure, Posen O 1, Königplatz 4.

Bezirks-Verein Rheingau des Vereins deutscher Ingenieure, Gustavsburg.

Ruhr-Bezirks-Verein deutscher Ingenieure, Essen/Ruhr, Bahnhofstr. 38.

Schleswig-Holsteinischer Bezirks-Verein deutscher Ingenieure, Kiel, Frankestr. 4.

Siegener Bezirks-Verein deutscher Ingenieure, Direktor Ulrich, Weidenau, Waldstr. 6.

Unterweser-Bezirks-Verein deutscher Ingenieure, Dipl.-Ing. Lange, Geestemünde, Spichernstr. 9.

Bibliothek der Königlich Technischen Hochschule, Berlin-Charlottenburg 2.

Chemische Fabrik Griesheim-Elektron, Frankfurt a. M.

Düsseldorfer Luftfahrer-Klub, E.-V., Oberbürgermeister Wilhelm Marx, Düsseldorf, Breite Str. 25.

Flensburger Stadtgemeinde, Oberbürgermeister Dr. Todsen, Flensburg.

Frankfurter Verein für Luftschiffahrt, E. V., Frankfurt a. M., Kettenhofweg 136.

Kaiserliches Observatorium, Wilhelmshaven.

Kgl. Sächsischer Verein für Luftfahrt, Dresden, Ferdinandstr. 5.

Königliche Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau, Berlin NW 23, Schleuseninsel im Tiergarten.

Königlich Bayerische Flieger-Station, Ober-Schleißheim.

Königliches Militärversuchsamt, Berlin (Postamt Plötzensee).

Kurhessischer Verein für Luftfahrt, Sektion Marburg a. d. Lahn, Physikal. Institut.

Mittelmosel-Verein für Luftfahrt, Bernkastel-Cues.

Naturforschende Gesellschaft, Danzig, Frauengasse 26.

Physikalisches Institut der Universität, Leipzig, Linnestr. 5.

Reichs-Flug-Verein, E. V., Berlin W 62, Lutherstr. 13, Gh. pt.

Stabilimento Esperienze, E Costruzione Aeronautiche, Rom.

Verein deutscher Ingenieure, Berlin NW, Sommerstr. 4a.

Verein Deutscher Motorfahrzeug-Industrieller, Berlin W 8, Unter den Linden 12/13.

Verein für Flugwesen in Mainz, E. V. Gr. Bleiche 48.

Versuchsanstalt für Flugwesen der Kgl. Technischen Hochschule zu Berlin, Berlin-Reinickendorf-West, Spandauer Weg.

Ordentliche Mitglieder, aufgenommen im Geschäftsjahr 1913/14.

Antrick, Prof. Dr., Berlin.
Arco, Graf Harry, Berlin.
Bredenbreuker, Hauptmann, Berlin-Schöneberg.
Brodowski, Oskar, stud. math., Göttingen.
Bucherer, Max, Zivil-Ing., Berlin-Reinickendorf-West.
Bühlmann, Karl, Dipl.Ing., München.
Busse, Karl, Zivil-Ing., Berlin.

Cohnheim, O., Professor Dr., Hamburg.
Conrad, Robert, Zivil-Ing., Berlin.

v. Doblhoff, Freiherr Walther, Dr.-Ing., Tribuswinkel bei Wien.
Doench, Landgerichtsdirektor, Frankfurt a. M.
Dörr, Dipl.-Ing. Leiter der Luftschiff-Werft, Potsdam.

Franken, Reg.-Baumeister, Berlin.

Gaule, Karl, Dipl.-Ing., Aachen.
Gerdien, Hans, Dr. phil. Berlin-Halensee.
Gerhards, Wilhelm, Marine-Ingnieur, Kiel.
Gohlke, Ingenieur, Berlin-Steglitz.
Gümbel, Professor Dr.-Ing., Berlin-Charlottenburg.

Halben, Privatdozent Dr., Berlin.
Hassenbach, Herm., Kand. d. Maschinenbaufaches, Danzig-Langfuhr.
Heis, Leonhard, Dr., Göttingen.
Heller, Dr., Cöpenick b. Berlin.
Helmrich v. Elgott, Leutnant, Naumburg.
Hertel, Alfred, Kgl. Gymnasiallehrer, Kitzingen a. M.
Hesse, Max, Dipl.-Ing., Trautenau i. Böhmen.
Hoernes, Hermann, Oberstleutnant, Linz a. d. Donau.

Jablonsky, Bruno, Berlin.

Kahnt, Oswald, Wasserflugzeugbau und Fliegerschule, Leipzig-Lindenthal.

Lange, Marine-Ingenieur, Putzig bei Danzig.
Lehmann-Richter, E. W., Dr. phil. Dipl.-Ing., Frankfurt a. M.
Lilienthal, Gustav, Baumeister, Berlin-Lichterfelde.
Lindgens, Adolf, Köln-Bayenthal.

Maschke, Georg, Rentier, Berlin-Charlottenburg.
ter Meer, Geh. Kommerzienrat, Uerdingen a. Rhein.
Mengelbier, Oskar, Ing., Chemiker, Berlin.
Michelsen, Kapitän z. S., Präses des Torpedo-Versuchskommandos Kiel.
Mickel, Ernst, Hauptmann, Cöln.
v. Mises, Edler, Prof. Dr., Straßburg i. Els.
v. Möller, Exzellenz, Staatsminister, Berlin.
Morin, Max, Dipl.-Ing., Patentanwalt, Berlin-Charlottenburg.
Müller-Breslau, Dr., Prof. a. d. Techn. Hochschule, Geh. Reg.-Rat, Mitglied d. Akademie d. Wissenschaften, Berlin.

Otzen, Robert, Magnifizienz, Prof., Rektor d. Techn. Hochschule Hannover.

Pfeiffer, Fr., Privatdozent Dr., Halle a. S.
v. Pohl, Gustav, Freiherr, Hamburg.
Pohlhausen, Karl, stud. math., Göttingen.
Probst, P. G., Hüttendirektor, Düsseldorf.

Reichardt, Otto, Dipl.-Ing., München.

Scherz, Walter, stud. arch. nav., Charlottenburg.
Schiller, Ludwig, Dr., Assistent am physikalischen Institut der Universitä Leipzig
Schleiermacher, L., Dr., Professor a. D. Privatdozent a. d. Techn. Hochschule Darmstadt, Aschaffenburg.
Schmickaly, Kurt, Leutnant i. d. Fliegertruppe Straßburg.
Schmitt, Prof. Dr., Essen, Realgymnasium.
Seddig, Dr., Privatdozent f. Physik a. d. Akademie, Frankfurt a. M.
Seyrich, Dr.-Ing., Ob.-Ing. stellvertr. Direktor, Dresden.
Silverberg, Dr. P., Generaldirektor, Cöln.
Szkólnik, Leopold, Dipl.-Ing., Johannisthal.

Thelen, Dipl.-Ing., Hirschgarten b. Berlin.

v. Verschuer, O., Freiherr, Oberstleutnant z. D., Frankfurt a. M.
Vetter, R., Betr.-Assistent d. Gr. Badischen Eisenbahn-Verwaltung, Basel.

Weißwange, Dr. med., Besitzer d. Südsanatoriums, Dresden.
Werner, Martin, Dipl. Landwirt, Berlin.
Westfahl, Paul, Ingenieur, Berlin-Schöneberg.
Wigand, Albert, Dr., Privatdozent, Halle a. d. Saale.
Wolf, Heinrich, Kaufmann, Leipzig.

Ziervogel, W., Oberbergrat, Staßfurt.

Außerordentliche Mitglieder, aufgenommen im Geschäftsjahr 1913/14.

Aachener Bezirks-Verein Deutscher Ingenieure Aachen.
Bergischer Bezirks-Verein Deutscher Ingenieure, Elberfeld.
Dresdener Bezirks-Verein Deutscher Ingenieure, Dresden.
Frankfurter Bezirks-Verein Deutscher Ingenieure, Frankfurt a. M.
Hessischer Bezirks-Verein Deutscher Ingenieure, Cassel.
Moseler Bezirks-Verein Deutscher Ingenieure, Diedenhofen.
Pfalz-Saarbrücker Bezirks-Verein Deutscher Ingenieure, Saarbrücken 3.
Posener Bezirks-Verein Deutscher Ingenieure, Posen O 1.
Bezirks-Verein Rheingau des Vereins Deutscher Ingenieure, Gustavsburg.
Ruhr-Bezirks-Verein Deutscher Ingenieure, Essen-Ruhr.
Schleswig-Holsteinischer Bezirks-Verein Deutscher Ingenieure, Kiel.
Unterweser-Bezirks-Verein Deutscher Ingenieure, Geestemünde.

Düsseldorfer Luftfahrer-Klub, Düsseldorf.
Kaiserliches Observatorium, Wilhelmshaven.
Kgl. Bayerische Militär - Flieger - Station, Ober-Schleißheim.
Kgl. Militärversuchsamt, Berlin.
Kgl. Sächsischer Verein für Luftfahrt, Dresden
Kgl. Vers.-Anst. f. Wasserbau u. Schiffsbau, Berlin.
Kurhessischer - Verein f. Luftfahrt, Sekt. Marburg, Marburg i. H.
Mittelmosel Verein f. Luftfahrt, Bernkastel-Cues.
Reichsflug-Verein, E. V., Berlin.
Stabilimento Esperienze E. Construzione Aeronautiche, Rom.
Verein Deutscher Motorfahrzeug-Industrieller, Berlin.
Verein für Flugwesen, E. V., Mainz.
Versuchs-Anstalt für Flugwesen d. Kgl. Techn. Hochschule zu Berlin.

Innerhalb des Geschäftsjahres 1913/14 verstorbene Mitglieder.

Neumann, Otto, Marine-Baurat, Berlin-Friedenau.
Pietzker, Privat-Dozent, Marine-Baumeister, Berlin-Südende.
Raabe, M., Leutnant a. D., Cronberg i. T,
Fritz, Geh. Ober-Baurat, Reichs-Marineamt, Berlin.

Mitglieder, welche 1914 aus der Gesellschaft ausscheiden.

Aßmann, Geh. Reg.-Rat Professor Dr., Lindenberg. — v. Bassus, Konrad Freiherr, München. — Bühlmann, Karl. Dipl.-Ing., München. — Claaßen, Otto, Direktor, Marine-Ing. a. D., Kiel. — v. Frankenberg u. Ludwigsdorf, Rittmeister a. D., Berlin. — Fritsch, Amtsgerichtsrat Dr., Frankfurt a. M. — Küchenmeister, Georg, Fabrikant, Dresden. — Lübbert, Kapitän z. S., Wilhelmshaven. — Neumann, Major, Berlin-Charlottenburg. — Peters, F., Vizekonsul, Dresden. — Pree, Josef, Fabrikdirektor, Dresden. — Schüle, W., Professor, Dipl.-Ing., Breslau. — Tauber, Hauptmann, Zloczów, Galizien — Urtel, Rudolf, Dipl.-Ing., Ober-Ing. d. N.-A.-G., Berlin-Karlshorst. — v. Verschuer, Freiherr, Oberstleutnant z. D., Frankfurt a. M. — Vetter, Betr. Assistent d. Gr. Bad. Eisenbahnverwaltung, Basel.

VI. Satzung.

I. Name und Sitz der Gesellschaft.

§ 1.

Die am 3. April 1912 gegründete Gesellschaft führt den Namen „Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt E.V." und hat ihren Sitz in Berlin. Sie ist in das Vereinsregister des Königlichen Amtsgerichts Berlin-Mitte eingetragen unter dem Namen:

„Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt. Eingetragener Verein."

II. Zweck der Gesellschaft.

§ 2.

Zweck der Gesellschaft ist der Zusammenschluß von Fachleuten der Luftfahrtechnik, der Luftfahrwissenschaft und anderen mit der Luftfahrt in Beziehung stehenden Kreisen zur Erörterung und Behandlung theoretischer und praktischer Fragen des Luftfahrzeugbaues und -betriebes.

§ 3.

Mittel zur Erreichung dieses Zweckes sind:

1. Versammlungen, in denen Vorträge gehalten und Fachangelegenheiten besprochen werden,
2. Druck und Versendung der Vorträge und Besprechungen an die Mitglieder,
3. Beratung wichtiger Fragen in Sonderausschüssen,
4. Stellung von Aufgaben und Anregung von Versuchen zur Klärung wichtiger luftfahrtechnischer Fragen,
5. Herausgabe von Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Luftfahrtechnik und Wissenschaft.

III. Mitgliedschaft.

§ 4.

Die Gesellschaft besteht aus:

1. ordentlichen Mitgliedern,
2. außerordentlichen Mitgliedern,
3. Ehrenmitgliedern.

§ 5.

Ordentliche Mitglieder können nur Personen in selbständiger Stellung werden, die auf dem Gebiet der Luftfahrtechnik oder Luftfahrwissenschaft tätig sind, oder von denen sonst eine Förderung der Gesellschaftszwecke zu erwarten ist.

Das Gesuch um Aufnahme als ordentliches Mitglied ist an den Geschäftsführenden Vorstand (§ 18 Absatz 2) zu richten, der über die Aufnahme entscheidet. Das Gesuch hat den Nachweis zu enthalten, daß die Voraussetzungen in § 5 Abs. 1 erfüllt sind. Dieser Nachweis ist von zwei ordentlichen Mitgliedern durch Namensunterschrift zu bestätigen.

Lehnt der Geschäftsführende Vorstand aus irgendwelchen Gründen die Entscheidung über die Aufnahme ab, so entscheidet der Gesamtvorstand (§ 18 Abs. 1) über die Aufnahme.

Wird das Aufnahmegesuch vom Geschäftsführenden Vorstand abgelehnt, so ist Berufung an den Gesamtvorstand (§ 18 Abs. 1) gestattet, der endgültig entscheidet.

§ 6.

Außerordentliche Mitglieder können Personen oder Körperschaften werden, welche die Drucksachen der Gesellschaft zu beziehen wünschen. Bei nicht rechtsfähigen Gesellschaften erwirbt ihr satzungsmäßig oder besonders bestellter Vertreter die außerordentliche Mitgliedschaft.

Das Gesuch um Aufnahme als außerordentliches Mitglied ist an den Geschäftsführenden Vorstand zu richten, der über die Aufnahme entscheidet.

§ 7.

Zu Ehrenmitgliedern können vom Gesamtvorstande nur solche Personen erwählt werden, welche sich um die Zwecke der Gesellschaft hervorragend verdient gemacht haben.

§ 8.

Jedes eintretende ordentliche Mitglied zahlt ein Eintrittsgeld von 20,— M.

§ 9.

Jedes ordentliche Mitglied zahlt für das vom 1. Januar bis 31. Dezember laufende Geschäftsjahr einen Beitrag von 25,— M., der jedesmal im Januar zu entrichten ist. Mitglieder, die im Laufe des Geschäftsjahres eintreten, zahlen den vollen Jahresbeitrag innerhalb eines Monats nach der Aufnahme. Beiträge, die in der vorgeschriebenen Zeit nicht eingegangen sind, werden durch Postauftrag oder durch Postnachnahme eingezogen.

§ 10.

Ordentliche Mitglieder und Körperschaften können durch einmalige Zahlung von 500,— M lebenslängliche Mitglieder werden und sind dann von der Zahlung der Jahresbeiträge befreit.

§ 11.

Jedes außerordentliche Mitglied zahlt für das Geschäftsjahr einen Beitrag von 25,— M.; ein Eintrittsgeld wird von außerordentlichen Mitgliedern nicht erhoben.

§ 12.

Ehrenmitglieder sind von der Zahlung der Jahresbeiträge befreit.

§ 13.

Die ordentlichen Mitglieder haben das Recht, an sämtlichen Versammlungen der Gesellschaft mit beschließender Stimme teilzunehmen, Anträge zu stellen sowie das Recht, zu wählen und gewählt zu werden; sie haben Anspruch auf Bezug der gedruckten Verhandlungsberichte.

§ 14.

Die außerordentlichen Mitglieder haben Anspruch auf Bezug der gedruckten Verhandlungsberichte; sie sind nicht stimmberechtigt, haben aber das Recht, den wissenschaftlichen und technischen Veranstaltungen der Gesellschaft beizuwohnen. Körperschaftliche Mitglieder dürfen nur einen Vertreter entsenden.

§ 15.

Ehrenmitglieder und Kommissare der Behörden haben sämtliche Rechte der ordentlichen Mitglieder.

§ 16.

Mitglieder können jederzeit aus der Gesellschaft austreten. Der Austritt erfolgt durch schriftliche Anzeige an den Geschäftsführenden Vorstand und befreit nicht von der

Entrichtung des laufenden Jahresbeitrages. Mit dem Austritt erlischt jeder Anspruch an das Vermögen der Gesellschaft.

§ 17.

Erforderlichenfalls können Mitglieder auf einstimmig gefaßten Beschluß des Gesamtvorstandes ausgeschlossen werden. Gegen einen derartigen Beschluß gibt es keine Berufung. Mit dem Ausschlusse erlischt jeder Anspruch an das Vermögen der Gesellschaft.

IV. Vorstand.

§ 18.

Der Gesamtvorstand der Gesellschaft setzt sich zusammen aus:

1. dem Ehrenvorsitzenden,
2. drei Vorsitzenden,
3. wenigstens sechs, höchstens dreißig Beisitzern und
4. von den Behörden zu ernennenden Kommissaren.

Den Geschäftsführenden Vorstand im Sinne des § 26 des Bürgerlichen Gesetzbuches bilden die drei Vorsitzenden, die den Geschäftskreis (Vorsitzender, stellvertretender Vorsitzender und Schatzmeister) unter sich verteilen.

§ 19.

An der Spitze der Gesellschaft steht der Ehrenvorsitzende. Diesem wird das auf Lebenszeit zu führende Ehrenamt von den im § 18 Absatz 1 genannten übrigen Mitgliedern des Gesamtvorstandes angetragen. Er führt in den Versammlungen des Gesamtvorstandes und in der Mitgliederversammlung den Vorsitz, kann an allen Sitzungen teilnehmen und vertritt bei besonderen Anlässen die Gesellschaft. An der rechtlichen Vertretung der Gesellschaft wird hierdurch nichts geändert. Im Behinderungsfalle tritt an Stelle des Ehrenvorsitzenden einer der drei Vorsitzenden.

§ 20.

Die übrigen Mitglieder des Gesamtvorstandes werden von den stimmberechtigten Mitgliedern der Gesellschaft auf die Dauer von drei Jahren gewählt. Nach Ablauf eines jeden Geschäftsjahres scheidet der jeweilig dienstälteste Vorsitzende und das jeweilig dienstälteste Drittel der Beisitzer aus, bei gleichem Dienstalter entscheidet das Los. Eine Wiederwahl ist zulässig.

Scheidet ein Vorsitzender während seiner Amtsdauer aus sonstigen Gründen aus, so muß der Gesamtvorstand aus der Reihe der Beisitzer einen Ersatzmann wählen, der sich verpflichtet, das Amt anzunehmen und bis zur nächsten ordentlichen Mitgliederversammlung zu führen. Für den Rest der Amtsdauer des ausgeschiedenen Vorsitzenden wählt die ordentliche Mitgliederversammlung einen neuen Vorsitzenden.

Scheidet ein Beisitzer während seiner Amtsdauer aus einem anderen als dem in Absatz 1 bezeichneten Grunde aus, so kann der Gesamtvorstand aus den stimmberechtigten Mitgliedern einen Ersatzmann wählen, der sich verpflichtet, das Amt anzunehmen und bis zur nächsten ordentlichen Mitgliederversammlung zu führen.

§ 21.

Der Vorsitzende des Geschäftsführenden Vorstandes (§ 18 Absatz 2) leitet dessen Verhandlungen. Er beruft den Gesamtvorstand und den Geschäftsführenden Vorstand, so oft es die Lage der Geschäfte erfordert, insbesondere wenn 2 Mitglieder des Gesamtvorstandes oder des Geschäftsführenden Vorstandes es beantragen. Die Einladungen erfolgen schriftlich; einer Mitteilung der Tagesordnung bedarf es nicht.

§ 22.

Der Geschäftsführende Vorstand besorgt alle Angelegenheiten der Gesellschaft, insoweit sie nicht dem Gesamtvorstande oder der Mitgliederversammlung vorbehalten sind.

Urkunden, welche die Gesellschaft verpflichten sollen, sowie Vollmachten sind — vorbehaltlich des § 26 und § 27 h bis k — unter dem Namen der Gesellschaft von 2 Vorsitzenden zu unterzeichnen. Durch Urkunden solcher Art wird die Gesellschaft auch dann verpflichtet, wenn sie ohne einen Beschluß des Geschäftsführenden Vorstandes oder des Gesamtvorstandes ausgestellt sein sollten.

§ 23.

Der Geschäftsführende Vorstand muß in jedem Jahre eine Sitzung abhalten, in der unter Beobachtung der Vorschrift des § 34 Satz 1 die Tagesordnung für die ordentliche Mitgliederversammlung festgesetzt wird. Die Sitzung muß so rechtzeitig abgehalten werden, daß die ordnungsmäßige Einberufung der ordentlichen Mitgliederversammlung nach § 36 noch möglich ist.

§ 24.

Die Beschlüsse des Geschäftsführenden Vorstandes werden mit Stimmenmehrheit gefaßt.

§ 25.

Ist ein Mitglied des Geschäftsführenden Vorstandes behindert, an dessen Geschäften teilzunehmen, so hat der Gesamtvorstand aus der Reihe der Beisitzer einen Stellvertreter zu wählen.

§ 26.

Der Schatzmeister führt und verwahrt die Gesellschaftskasse und nimmt alle Zahlungen für die Gesellschaft gegen seine alleinige Quittung in Empfang.

§ 27.

Zum Geschäftskreis des § 18 Abs. 1 bezeichneten Gesamtvorstandes gehören folgende Angelegenheiten:

a) Wahl der Ehrenmitglieder (§ 7),
b) Entscheidung über ein Gesuch um Aufnahme als ordentliches Mitglied, wenn der Geschäftsführende Vorstand die Entscheidung abgelehnt hat (§ 5 Abs. 3),
c) Entscheidung über die Berufung gegen einen Beschluß des Geschäftsführenden Vorstandes, durch den ein Gesuch um Aufnahme als ordentliches Mitglied abgelehnt ist (§ 5 Absatz 4),
d) Ausschluß von Mitgliedern (§ 17),
e) Zusammensetzung von Ausschüssen, insbesondere eines Wissenschaftl.-Technischen Ausschusses (§ 3 Nr. 3),
f) Wahl von Ersatzmännern und Stellvertretern für Mitglieder des Gesamtvorstandes in den Fällen des § 20 Abs. 2 und 3 und des § 25,
g) Einberufung der ordentlichen und außerordentlichen Mitgliederversammlungen,
h) Eingehen von Verpflichtungen der Gesellschaft, die im Einzelfalle den Betrag von 2000 M. überschreiten,
i) Anstellung eines besoldeten Geschäftsführers,
k) Anstellung von Personal, dessen Einzelgehalt mehr als 1500 M. jährlich beträgt.

§ 28.

Der Gesamtvorstand muß in jedem Jahr eine Sitzung abhalten; er ist beschlußfähig, wenn mindestens 4 seiner Mitglieder zugegen sind.

Die Beschlüsse werden mit einfacher Stimmenmehrheit gefaßt. Bei Stimmengleichheit entscheidet die Stimme des Ehrenvorsitzenden, im Behinderungsfalle die seines Stellvertreters (§ 19 Satz 4), bei Wahlen das Los.

§ 29.

Der Wissenschaftlich-Technische Ausschuß (§ 27 e) ist die Mittelstelle für alle sachlichen Fragen. Er bildet Unterausschüsse für die Bearbeitung von Einzelfragen und bereitet das

wissenschaftlich-technische Programm für die Mitgliederversammlungen vor. Die Unterausschüsse haben das Recht, sich zu ergänzen.

Den Vorsitz des Wissenschaftlich-Technischen Ausschusses führt ein Mitglied des Geschäftsführenden Vorstandes, den Vorsitz der Unterausschüsse je ein vom Wissenschaftlich-Technischen Ausschuß hierzu beauftragtes Ausschußmitglied.

§ 30.

Der Geschäftsführer der Gesellschaft hat die ihm übertragenen Geschäfte nach den Anweisungen des Gesamtvorstandes und des Geschäftsführenden Vorstandes zu erledigen.

Der Geschäftsführer muß zu allen Sitzungen des Gesamtvorstandes, des Geschäftsführenden Vorstandes und der Ausschüsse zugezogen werden. In ersteren hat er beratende Stimme.

V. Mitgliederversammlungen.

§ 31.

Zum Geschäftskreis der Mitgliederversammlungen gehören folgende Angelegenheiten:

1. Entgegennahme des vom Gesamtvorstande zu erstattenden Jahresberichts,
2. Entgegennahme des vom Wissenschaftlich-Technischen Ausschuß zu erstattenden Jahresberichts,
3. Entgegennahme des Berichts der Rechnungsprüfer und Entlastung des Gesamtvorstandes von der Geschäftsführung des vergangenen Jahres,
4. Wahl des Vorstandes (mit Ausnahme des Ehrenvorsitzenden [§ 19]),
5. Wahl von 2 Rechnungsprüfern für das nächste Jahr,
6. Beschlußfassung über den Ort der nächsten ordentlichen Mitgliederversammlung,
7. Beschlußfassung über vorgeschlagene Satzungsänderungen,
8. Beschlußfassung über Auflösung der Gesellschaft.

§ 32.

Die Mitgliederversammlung ist das oberste Organ der Gesellschaft. Sie ist befugt, in allen Angelegenheiten Beschlüsse zu fassen, die für den Geschäftsführenden Vorstand und den Gesamtvorstand bindend sind. Die Vertretungsbefugnis des Geschäftsführenden Vorstande und des Gesamt-Vorstandes nach außen wird durch diese Beschlüsse nicht eingeschränkt.

§ 33.

Die Mitgliederversammlungen der Gesellschaft zerfallen in:

1. die ordentliche Mitgliederversammlung,
2. außerordentliche Mitgliederversammlungen.

§ 34.

Die ordentliche Mitgliederversammlung soll jährlich möglichst im Mai abgehalten werden. In dieser sind die in § 31 unter 1 bis 6 aufgeführten geschäftlichen Angelegenheiten zu erledigen und die Namen der neuen Gesellschaftsmitglieder bekannt zu geben. Ferner haben wissenschaftliche Vorträge und Besprechungen stattzufinden.

§ 35.

Zu den Mitgliederversammlungen erläßt der Geschäftsführende Vorstand die Einladungen unter Mitteilung der Tagesordnung.

Außerordentliche Mitgliederversammlungen können vom Gesamtvorstande unter Bestimmung des Ortes anberaumt werden, wenn es die Lage der Geschäfte erfordert.

Eine solche außerordentliche Mitgliederversammlung muß innerhalb 4 Wochen statt finden, wenn ein dahingehender von mindestens 30 stimmberechtigten Mitgliedern unterschriebener Antrag mit Angabe des Beratungsgegenstandes eingereicht wird.

§ 36.

Alle Einladungen zu Mitgliederversammlungen müssen mindestens 3 Wochen vorher schriftlich an die Gesellschaftsmitglieder ergehen.

§ 37.

Die Anträge von Mitgliedern müssen dem Geschäftsführer 14 Tage und, soweit sie eine Satzungsänderung oder die Auflösung der Gesellschaft betreffen, 4 Wochen vor der Versammlung mit Begründung schriftlich durch eingeschriebenen Brief eingereicht werden.

§ 38.

In den Mitgliederversammlungen werden die Beschlüsse, soweit sie nicht Änderungen der Satzung oder des Zweckes oder die Auflösung der Gesellschaft betreffen, mit einfacher Stimmenmehrheit der anwesenden stimmberechtigten Mitglieder gefaßt. Bei Stimmengleichheit entscheidet die Stimme des Vorsitzenden, bei Wahlen das Los.

§ 39.

Eine Abänderung der Satzung oder des Zweckes der Gesellschaft kann nur durch einen Mehrheitsbeschluß von drei Vierteln der in einer Mitgliederversammlung erschienenen stimmberechtigten Mitglieder erfolgen.

§ 40.

Wenn nicht mindestens 20 anwesende stimmberechtigte Mitglieder namentliche Abstimmung verlangen, wird in allen Versammlungen durch Erheben der Hand abgestimmt. Wahlen erfolgen durch Stimmzettel oder durch Zuruf. Sie müssen durch Stimmzettel erfolgen, sobald der Wahl durch Zuruf auch nur von einer Seite widersprochen wird.

Ergibt sich bei einer Wahl nicht sofort die Mehrheit, so sind bei einem zweiten Wahlgange diejenigen beiden Kandidaten zur engeren Wahl zu bringen, für die vorher die meisten Stimmen abgegeben waren. Bei Stimmengleichheit kommen alle, welche die gleiche Stimmenzahl erhalten haben, in die engere Wahl. Wenn auch der zweite Wahlgang Stimmengleichheit ergibt, entscheidet das Los darüber, wer in die engere Wahl zu kommen hat. (Siehe § 28 Abs. 2.)

§ 41.

In allen Versammlungen führt der Geschäftsführer eine Niederschrift, die auch von dem jeweiligen Vorsitzenden der Versammlung unterzeichnet wird.

§ 42.

Die Geschäftsordnung für die Versammlungen wird vom Gesamtvorstande festgestellt und kann auch von diesem durch einfache Beschlußfassung geändert werden.

VI. Auflösung der Gesellschaft.

§ 43.

Die Auflösung der Gesellschaft darf nur dann zur Beratung gestellt werden, wenn sie von sämtlichen Mitgliedern des Gesamtvorstandes oder von 50 stimmberechtigten Mitgliedern beantragt wird.

Die Auflösung der Gesellschaft kann nur durch $^3/_4$-Mehrheit der stimmberechtigten Mitglieder beschlossen werden. Ist die Versammlung jedoch nicht beschlußfähig, so kann eine zweite zu gleichem Zwecke einberufen werden, bei der eine Mehrheit von $^3/_4$ der anwesenden stimmberechtigten Mitglieder über die Auflösung entscheidet.

§ 44.

Bei Auflösung der Gesellschaft ist auch über die Verwendung des Gesellschaftsvermögens Beschluß zu fassen, doch darf es nur zur Förderung der Luftfahrt verwendet werden.

Kurzer Versammlungsbericht.

1. Zwischen der zweiten Hauptversammlung und der dritten Hauptversammlung 1914.

Durch die Neueinrichtung, daß jetzt im letzten Teil des Jahrbuches die einzelnen Unterausschüsse direkt über ihre Tätigkeit berichten, erübrigt es sich an dieser Stelle, auf deren Tätigkeit besonders einzugehen. Es kann vielmehr auf Lieferung 3, Jahrbuch II, S. 188 ff. verwiesen werden. Da auch die Geschäftsstelle über ihre Tätigkeit einen Bericht veröffentlicht hat, so ergibt sich aus der Zusammenfassung aller dieser Berichte ein genauer Überblick über die Arbeitstätigkeit unserer Gesellschaft.

Der Geschäftsführende Vorstand trat im laufenden Geschäftsjahre fünfmal, und zwar viermal in Berlin und einmal in Göttingen, zusammen, um die laufenden Geschäfte zu erledigen. Es verdient besonders hervorgehoben zu werden, daß der Vorstand, um die außerordentlich angewachsene Tätigkeit der Unterausschüsse nach Möglichkeit zu fördern, den einstimmigen Beschluß faßte, den Teilnehmern an Ausschußsitzungen (mit Ausnahme der Sitzungen, die gelegentlich einer Ordentlichen Mitgliederversammlung stattfinden) die Reisekosten, und zwar das Fahrgeld II. Klasse zuzüglich 3,00 M. für Ab- und Zugang zum Bahnhof, zu vergüten. Diese Vergütung, für die zunächst der Gesamtbetrag von 3000 M. pro Jahr festgesetzt wird, soll vorläufig aus den Mitteln gedeckt werden, die uns von seiten der National-Flugspende zur Förderung wissenschaftlicher Luftfahrt überwiesen worden sind. Es ist jedoch in Aussicht genommen, bei den Behörden, denen die Arbeiten der Unterausschüsse hauptsächlich zunutze kommen, eine jährliche Unterstützung zu beantragen, um hieraus auch diese Reisegelder zahlen zu können.

Der Gesamtvorstand hat drei Sitzungen, und zwar 2 in Berlin und eine in Dresden unmittelbar vor der Ordentlichen Mitglieder-Versammlung, abgehalten. Auf seiner letzten Sitzung bereitete er die Abwicklung des Programms der Hauptversammlung eingehend vor, so daß es auf diese Weise gelungen ist, die außerordentlich reichhaltige Tagesordnung der Geschäftssitzung und die vielen wissenschaftlichen Vorträge mit ihren Diskussionen durchaus im Rahmen des vorgesehenen Programms abzuwickeln. Besonders verhandelt wurde über den von Herrn Professor Otzen, Hannover, dem Rektor der dortigen Technischen Hochschule, auf Anregung Seiner Königlichen Hoheit des Prinzen Heinrich von Preußen gemachten Vorschlag, den Professor Otzen in einem längeren Vortrag vor der Hauptversammlung auseinandersetzte. Der Vorschlag befaßt sich mit der Gründung besonderer Studien-Gesellschaften in den Städten, die außer einer technischen Hochschule den Zusammenhang mit einem Flugplatz besitzen. Diese Gesellschaften sollen im Ein-

vernehmen mit der W. G. L. arbeiten, um dadurch das Arbeitsgebiet in rationeller Weise verteilen zu können und um andererseits unnütze Doppelarbeiten zu vermeiden. Der Vorstand beschloß zur Förderung dieses Vorschlages eine Kommission einzusetzen, die ihre Arbeiten nach einem von Herrn Professor Otzen vorzunehmenden Programm tunlichst bald aufnehmen sollte.

Dann wurde wegen der Erweiterung des Arbeitsgebietes der Name der Gesellschaft in **„Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt"** umgeändert, weiter der Beschluß gefaßt, das Geschäftsjahr auf das Kalenderjahr zu verlegen, und endlich der Vorstand in seiner jetzigen Zusammensetzung noch durch völlig gleichberechtigte Kommissare ergänzt, die von den einzelnen Behörden in den Vorstand der Gesellschaft delegiert werden sollen. Als Ort für die nächste Hauptversammlung wurde einstimmig gemäß dem Antrage des Hamburger V. f. L., den Herr Professor Dr. Ahlborn begründete, Hamburg gewählt und Herr Professor Ahlborn gebeten, für das nächste Geschäftsjahr dem Vorstand als Vertreter Hamburgs anzugehören. Es wurde weiter auf Antrag des Wissenschaftlich-Technischen Ausschusses ein besonderer „Ausschuß für Navigierung" ins Leben gerufen. Der Ausschuß trat am Sonntag, den 26. April, zu seiner konstituierenden Sitzung zusammen und wählte als Obmann Herrn Korvettenkapitän a. D. Friedländer, der sich um die Gründung des Ausschusses besondere Verdienste erworben hatte.

2. Verlauf der III. Ordentlichen Mitglieder-Versammlung.

Die Tagung begann am Sonntag, den 26. April, mit den Sitzungen einiger Unterausschüsse in den gütigst zur Verfügung gestellten Räumen der Königlich Technischen Hochschule am Bismarckplatz. Es waren nicht alle Unterausschüsse zu Sitzungen zusammengetreten, da ein Teil derselben erst kürzlich Beratungen gepflogen hatte und sich deshalb zurzeit eine Sitzung erübrigte. Morgens 10 Uhr wurde der neue „Ausschuß für Navigierung" unter dem Beisein von Vertretern verschiedener Behörden errichtet, und zwar unter der Obmannschaft des Herrn Korvettenkapitän a. D. Friedländer. Ferner traten die Ausschüsse: „für medizinische und psychologische Fragen", „für drahtlose Telegraphie", „für Motoren" sowie die „Kommission zur Aufstellung grundlegender Berechnungsgrundsätze für den Flugzeugbau" zu Sitzungen zusammen. Es wurden in diesen Sitzungen teilweise Beschlüsse formuliert, die der am nächsten Tage stattfindenden Plenarsitzung, nachdem sie zunächst im Gesamtvorstande besprochen waren, vorgelegt werden sollten.

Für den Mittag hatte der „Luftfahrerdank" zum Besten verunglückter Luftfahrer und deren Hinterbliebenen zu einer Wohltätigkeits-Matinee eingeladen, die in den Räumen der U.-T.-Lichtspiele unter reger Beteiligung Dresdener Künstler stattfand. Der Präsident des Königlich-Sächsischen V. f. L. Exz. von Laffert begrüßte die Erschienenen mit warmen, herzlichen Worten, wobei er auf den Zweck der Matinee hinwies, die Not in den von Unfällen häufig betroffenen Luftfahrerkreisen zu lindern. Hierauf folgte ein Vortrag des Dresdener Flugplatz-Direktors Lt. Meyer über das Thema „Deutschland in der Luft voran", das durch ausgezeichnete Lichtbilder illustriert wurde. Ihm folgte ein informatorischer Vortrag des

Generalsekretärs des D. L.-V. Oberleutnant z. S. Rasch über die Zwecke und Ziele des Luftfahrerdankes, während sich in den Schlußworten der Präsident des Luftfahrerdankes Exz. Freiherr von der Goltz über die Fürsorgebestrebungen des Luftfahrerdankes ausließ, die zwar schon eine ganze Menge Erleichterungen geschaffen hätten, die aber leider noch recht viel zu tun übrig ließen.

Nach einem gemeinsamen Mittagessen in der Dresdener Stube des Ratskellers fand die Besichtigung des neuen Dresdener Flugplatzes und der großen Doppelluftschiffhalle statt, in welcher sich das Militärluftschiff Z VII sowie der P L 6 befanden, welch letzterer am Nachmittag noch zu mehreren Fahrten aufstieg.

Die Luftfahrzeug-Gesellschaft hatte in entgegenkommender Weise bei allen diesen Fahrten, auch während der nächsten Tage, eine Reihe Plätze der Gesellschaft umsonst zur Verfügung gestellt, und die Herren Hauptmann Dinglinger und Dr. Rotzoll waren unermüdlich bemüht, neue Gäste zu einer Fahrt über die schöne Blütenpracht der Dresdener Umgebung in die Luft zu entführen. Bei einer Reihe dieser Fahrten konnte auch der leider jetzt in Fischamend verunglückte Ingenieur Kammerer den Aufnahmeapparat nach dem Scheimpflugschen aerophotogrammetrischen Verfahren vorführen, welcher Apparat zurzeit nach Kammerers Angaben bei der Firma Ernemann & Co. umgebaut wurde. Allen Teilnehmern wird noch das überaus freundliche, liebenswürdige und frische Wesen des so früh Verstorbenen in Erinnerung sein, hat sich Kammerer doch nicht nur durch seine wissenschaftliche Befähigung, sondern auch gerade durch sein frisches, freundliches Auftreten ein bleibendes Andenken bei allen, die ihn kannten, gesichert.

Es wurden dann verschiedene Schauflüge unternommen, die zusammen mit der Besichtigung der interessanten Flugzeuge die Versammlungsteilnehmer noch recht lange auf dem Platz zusammenhielten. Die Mitglieder des Gesamtvorstandes mußten dagegen kurz nach der in gütiger Weise von der Flugplatz-Verwaltung gebotenen Kaffeetafel den Flugplatz verlassen, um sich zur Sitzung im Konferenzsaal der Technischen Hochschule am Bismarckplatz zu vereinen. In dieser Sitzung wurde das Programm der Tagung eingehend durchgesprochen, die Anträge des Vorstandes formuliert und sonstige für die geschäftliche Leitung der Gesellschaft wichtige Beschlüsse gefaßt. Der Abend vereinigte dann die Teilnehmer in zwangloser Weise im Künstlerhaus, woselbst der Königlich Sächsische Verein für Luftfahrt der Versammlung einen Begrüßungsimbiß bot. Die Beteiligung war eine erfreulich große, hatten sich doch etwa 120 Herren eingefunden. Die Honneurs erwiesen die beiden Präsidenten des Königlich Sächsischen Vereins für Luftfahrt Generalleutnant von Laffert und Major v. Funcke. Exzellenz v. Laffert begrüßte die Gäste in Dresden und wünschte der Tagung reichsten Erfolg, worauf Geheimrat v. Böttinger im Namen der Kongreßteilnehmer herzlich für die Bewillkommnung dankte.

Bei dieser Tagung darf als erfreulicher Fortschritt gegen die Vorjahre bezeichnet werden, daß eine Reihe Offiziersflieger sich des „zeitgemäßesten Beförderungsmittels“ bedienten, um zur Versammlung zu kommen, nämlich des Flugapparates, mit dem sie mit derselben Selbstverständlichkeit nach Dresden flogen, mit der die übrigen Teilnehmer per Bahn zur Versammlung gelangten.

Am nächsten Vormittag begann um 9 Uhr die Sitzung in der Aula der Technischen Hochschule. Da der Ehrenvorsitzende der Gesellschaft, Se. Königliche

Hoheit Prinz Heinrich von Preußen, von seiner Südamerikareise noch nicht zurückgekehrt war, übernahm der Vorsitzende Geheimer Regierungsrat Dr. von Böttinger die Leitung der Versammlung und brachte zunächst ein Schreiben Seiner Königlichen Hoheit zur Kenntnis, in welchem dieser lebhaft bedauerte, der Tagung aus den vorerwähnten Gründen nicht beiwohnen zu können, und gleichzeitig der Versammlung einen guten Erfolg wünschte. Es wurde einstimmig von der Versammlung die Absendung folgender Begrüßungstelegramme beschlossen:

Seiner Königlichen Hoheit Prinz Heinrich von Preußen
Kiel.

Eurer Königlichen Hoheit als ihrem hohen und erhabenen Ehrenvorsitzenden versichert die Wissenschaftliche Gesellschaft für Flugtechnik nicht nur ihren ehrerbietigsten Glückwunsch zur glücklichen Rückkehr Eurer Königlichen Hoheit und Eurer Königlichen Hoheit Hohen Gemahlin in die Heimat, sondern auch ihre tiefempfundenste Erkenntlichkeit für die durch Eurer Königlichen Hoheit große Reise dem Vaterlande wieder geleistete Förderung.

Wir verbinden mit diesen unseren Wünschen für Eurer Königlichen Hoheit dauerndes Wohl unser aufrichtigstes Leid, daß Eure Königliche Hoheit unsere diesjährige Versammlung nicht leiten können, versichern aber Eurer Königlichen Hoheit unseren innigsten Dank für die unserer Gesellschaft auch im verflossenen Jahre gegebenen Anregungen und erwiesenen Förderungen.

Die Vorsitzenden:
von Böttinger. von Parseval. Prandtl.

Seiner Majestät dem Kaiser und König
Korfu.

Eurer Kaiserlichen Majestät versichern wir alleruntertänigst aufs neue unseren tiefen Dank für Eurer Majestät uns weiter erwiesene Huld und Förderung. Wir verbinden damit die untertänigste Bitte um Fortdauer Eurer Majestät Gnade und unsere innigsten Wünsche, daß Gottes Segen Eure Majestät allzeit begleite und erhalte.

Die Wissenschaftliche Gesellschaft für Flugtechnik.
vonBöttinger. von Parseval. Prandtl.

Seiner Majestät dem König
Dresden.

Eurer Majestät dankt die Wissenschaftliche Gesellschaft für Flugtechnik aufs ehrerbietigste für die ihr von Eurer Majestät erwiesene Huld und Gnade; sie verbindet damit die ergebensten Wünsche, daß aller Segen Eure Majestät stets begleite.

von Böttinger. von Parseval. Prandtl.

Es gingen im Laufe der Tagung folgende Antworttelegramme ein:

Kiel, den 1. Mai.

Geheimrat von Böttinger, Elberfeld.

Eben zurückgekehrt, sage allerseits Dank für Depesche vom 27. v. Mts., hoffe, daß Tagung Dresden zur Förderung der Bestrebungen der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik beigetragen hat.

Heinrich.

Dresden, den 27. April.

Wissenschaftliche Gesellschaft für Flugtechnik.

Seine Majestät der König haben mich beauftragt, Ihnen für übersandten Huldigungsgruß Allerhöchst seinen Dank zu übermitteln.

von Schweinitz.
Hauptmann, kommandiert als Flügeladjutant.

Achilleion, 28. April.

Wissenschaftliche Gesellschaft für Flugtechnik, Dresden.

Seine Majestät der Kaiser lassen für die freundliche Begrüßung bestens danken.

Kabinettsrat von Valentini.

Nach einigen Begrüßungsansprachen erstattete der Vorsitzende den Geschäftsbericht, in welchem er mitteilte, daß die Mitgliederzahl auf 381 ordentliche, 36 außerordentliche und 4 lebenslängliche gewachsen sei, während gleichzeitig die Gesellschaft den Verlust von 4 Vorstandsmitgliedern und Mitgliedern betrauerte, von denen zwei als Opfer bei der schweren Katastrophe des Marineluftschiffes „L 2“ in Ausübung ihres verantwortungsreichen Berufes geblieben wären. Er widmete diesen Mitgliedern, wie auch den übrigen Opfern der Luftschiffahrt warme herzliche Worte, und die Versammlung erhob sich zum ehrenden Gedenken derselben von ihren Plätzen. Der Vorsitzende kam darauf auf die verhältnismäßig kleine Mitgliederzahl zu sprechen und regte an, daß geeignete Vorschläge aus der Versammlung heraus am nächsten Vormittag vor Eintritt in die Tagesordnung erfolgen sollten. Im weiteren Verfolg des Geschäftsberichtes gab der Vorsitzende die neugegründeten Ausschüsse bekannt, ging dann auf den gedruckt vorliegenden Rechnungsabschluß und Vorschlag für das neue Geschäftsjahr über, der von den beiden Rechnungsprüfern geprüft und für richtig befunden war, besprach die Änderung des Namens der Gesellschaft in „Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt“, weiter die „Verlegung des Geschäftsjahres auf das Kalenderjahr“ und ging hierauf zur Wahl der turnusmäßig ausscheidenden Mitglieder des Gesamtvorstandes über. Hierauf wurde die Geschäftssitzung geschlossen, und traditionsgemäß übernahmen die beiden Vorsitzenden Professor Dr. von Parseval und Professor Dr. Prandtl abwechselnd den Vorsitz während der jetzt folgenden Vorträge und Diskussionen.

Der Rektor der Techn. Hochschule Hannover, Magnifizenz Prof. Otzen, übernahm den ersten Vortrag: „Die Technischen Hochschulen im Dienste der Flugtechnik“, in welchem er ausführte, daß es für eine auf breiter Basis aufbauende Entwicklung der Flugtechnik notwendig sei, Richtlinien zu finden für ein enges Zusammengehen der Technischen Hochschulen mit den in ihrer Nähe befindlichen Flugplätzen. Den zweiten Vortrag hielt Professor Knoller-Wien über „Die Festlegung einiger aeromechanischer Begriffe“, in welchem er die Klarstellung einiger besonders wichtiger Punkte mit scharf umgrenzten Begriffen anstrebte, welche Vorschläge durchaus das Einverständnis der Versammlung erhielten.

Zum ersten Vortrag fand auf Beschluß der Versammlung keine Diskussion statt, vielmehr erklärte sich die Versammlung und der Vortragende mit den Beschlüssen des Gesamtvorstandes einverstanden, nach welchen eine besondere Kommission eingesetzt werden solle, die zunächst die Frage im einzelnen zu prüfen habe, um dann bei nächster Gelegenheit geeignete Schritte für die Gesellschaft in Vorschlag zu bringen.

Zum zweiten Vortrag meldeten sich eine ganze Reihe Herren zur Diskussion, und lediglich mit Rücksicht auf die vorgeschrittene Zeit wurde diese Aussprache, die sich außerordentlich anregend gestaltete, eingeschränkt. Es beteiligten sich außer dem Vortragenden die Herren Krey, von Parseval, Prandtl und Quittner an derselben.

Nach einem gemeinsamen Frühstück im blauen Zimmer des Ratskellers wurden die Vorträge in der Aula fortgesetzt, und zwar sprach zuerst Professor Dr. Reißner über den „wissenschaftlichen und technischen Stand der Propellerfrage“. Den nächsten Vortrag übernahm der langjährige Mitarbeiter des Grafen Zeppelin, Dipl.-Ing. Freiherr von Soden über „Untersuchungen an Luftschrauben am Stand und in der Fahrt beim Luftschiffbau Zeppelin“, welcher Vortrag durch die Vorführungen instruktiver Lichtbilder in zweckmäßiger Weise ergänzt wurde.

Zuerst war beabsichtigt, die Diskussion für beide Vorträge zu vereinigen, es stellte sich wegen der Verschiedenartigkeit derselben aber als zweckmäßig heraus, über beide Referate gesondert zu sprechen, so daß auf Vorschlag des Versammlungsleiters Herrn Prof. von Parseval zunächst die Diskussion über den Reißnerschen Vortrag eröffnet wurde, an der sich die Herren Bendemann, Betz, Föttinger, Gümbel, Kármán, Knoller, Krey, von Parseval und Prandtl sowie der Vortragende beteiligten. Mittlerweile war die Zeit so vorgerückt, daß zum Vortrag von Dipl.-Ing. von Soden die Diskussion ausfallen mußte.

Am Abend vereinigten sich die Kongreßteilnehmer in den Festräumen des Rathauses, wo ihnen durch den Rat und die Stadtverordneten ein festlicher Empfang bereitet war. Wenn auch die schloßähnliche Marmorpracht des Treppenhauses wegen Fertigstellung der Deckengemälde leider verschlossen war, so brachte der Empfang in der Ratssilberkammer durch die Herren Oberbürgermeister Geheimrat Beutler und Ersten Bürgermeister Dr. Kretzschmar die vornehme Würde der Dresdener Empfangsräume doch sehr zur Geltung.

Der mit schweren Teppichen belegte Raum, dessen Wandschränke das prunkvolle Silbergeschirr enthielten, erzeugte mit seiner geschickt verdeckten Seiten-

beleuchtung von Anfang an eine gehobene, fast feierliche Stimmung. Noch prachtvoller wirkte natürlich der mit dem Prellschen Deckenschmuck versehene herrliche Festsaal, in dem sich die Teilnehmer in zwanglosen Gruppen an kleinen Tischen niederließen. Am Schluß des reichen Mahles fand Oberbürgermeister Geheimrat Beutler herzgewinnende Worte, um die Tagungsmitglieder zu begrüßen und ihnen die besten Wünsche der Stadt darzubringen. Er feierte den Zusammenhalt zwischen Wissenschaft und Technik, der uns wie auf anderen Gebieten so auch auf dem der Luftfahrt zu den Erfolgen verholfen habe, deren wir uns heute rühmen könnten. Sein Hoch galt der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt. Geheimrat von Böttinger erwiderte mit herzlichen Dankesworten, indem er nochmals die der Gesellschaft in Dresden so überaus reich erwiesene Gastfreundschaft hervorhob. In den Nebenräumen hielten anregende Unterhaltungen nach aufgehobener Tafel die Teilnehmer noch lange Stunden zusammen.

Am nächsten Tage wurden in den schönen neuen Räumen des Elektrotechnischen Instituts in der Helmholtzstraße zunächst von seiten der Teilnehmer einige Vorschläge betreffs der Vergrößerung des Mitgliederkreises gemacht, die in einer demnächst abzuhaltenden Vorstandssitzung näher durchberaten werden sollen. Hierauf wurde in die Tagesordnung eingetreten, und bis 11 Uhr wechselten Vorträge und Diskussionen in bunter Reihenfolge ab.

Um 11 Uhr erwies Seine Majestät der König von Sachsen der Tagung die hohe Gnade, mit seinem Gefolge einigen Vorträgen und Demonstrationen beizuwohnen.

Der König wurde von den Herren des Vorstandes am Portal empfangen und vom Vorsitzenden Geheimrat von Böttinger mit folgender Ansprache begrüßt:

Eure Majestät haben die große Gnade und Huld gehabt, uns mit Eurer Majestät allerhöchstem Besuch zu erfreuen und zu beehren. Die Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt bittet Eure Majestät, den alleruntertänigsten und tief bekundeten Dank entgegennehmen zu wollen für die ihr dadurch gewordene große und hohe Auszeichnung. Eure Majestät werden Gelegenheit haben, aus den Verhandlungen, an denen Eure Majestät teilzunehmen die hohe Gnade haben, zu ersehen, in welcher tatkräftigen und energischen Art und Weise auch die Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt zur Förderung der Luftfahrt beizutragen bestrebt ist. Deutschland darf sich rühmen, nicht nur in technischen Gebieten, sondern vor allem in der Wissenschaft bahnbrechend gewesen zu sein und voranschreitend schon vieles geleistet zu haben.

Die Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt dankt Eurer Majestät deshalb nochmals ganz besonders für die Gnade und die Auszeichnung, die ihr Eure Majestät hat zuteil werden lassen, und für die hohe Förderung, die Eure Majestät bisher der Luftfahrt schon erwiesen haben. —

Der König hörte hierauf ein einleitendes Referat von Geheimrat Scheit über Motorenprüfung an, worauf eine Besichtigung der neuen Einrichtungen der Technischen Hochschule folgte. Nachdem der König sich die einzelnen Versuchsstände eingehend hatte zeigen lassen, übermittelte er nach etwa einstündigem Besuch dem Vorstand die besten Wünsche für einen guten Erfolg der Tagung, die Geheimrat von Böttinger sofort der Versammlung überbrachte. Nach gemeinsamem

Frühstück im Stadtverordnetenzimmer des Rathauses folgte die Fortsetzung der Vorträge.

Am Vormittag hatte Professor Dr. von Kármán über „Längsstabilität und Längsschwingungen von Flugzeugen“ gesprochen, über die er ein großes Zahlenmaterial in übersichtlichen Kurven in Lichtbildern vorführen konnte. Hierauf erstattete Dr. Trefftz-Aachen ein kurzes ergänzendes Referat über dasselbe Thema, worauf die Diskussion beginnen sollte. Es wurde jedoch aus der Versammlung heraus angeregt, sofort mit den Motorenvorträgen zu beginnen, worauf auf Vorschlag von Prof. Prandtl die Diskussionsredner gebeten wurden, ihre Äußerungen schriftlich für das Jahrbuch niederzulegen[1]).

Hierauf fanden die Vorträge von Dr. Freiherr von Doblhoff über „Flugmotorenuntersuchungen“ und Dipl.-Ing. Seppeler über das gleiche Thema statt.

In der anschließenden gemeinsamen Diskussion sprachen außer den Vortragenden die Herren Baumann, Bendemann, Foettinger, Knoller, von Parseval.

Am Nachmittag begannen interessante Vorführungen von Professor Dr. Cohnheim-Hamburg über „Die Aufrechterhaltung des Gleichgewichts beim Vogelflug“, und die kurze, aber sehr angeregte Diskussion, an der sich die Herren Bendemann, Friedländer, Junkers, Lilienthal, Prandtl beteiligten, zeugte von der großen Bedeutung, die allseitig dem Thema beigelegt wurde.

Hierauf fanden die Vorträge der Herren Geheimrat Scheit über die „Indizierung von Flugmotoren“ mit den Ergänzungsreferaten von Dr. Mader und Dr. Bergmann statt, denen sich sofort eine Diskussion anschloß. Es sprachen die Herren Baumann, Bendemann, Foettinger, Junkers, von Kármán, von Parseval, Prandtl. Die Diskussion mußte dann aber mit Rücksicht auf den Schlußvortrag von Dipl.-Ing. Bader über „Eine Versuchsanordnung zur kinematographischen Aufnahme von fliegenden Modellen“ abgebrochen werden, über welch letzteren Vortrag aus den gleichen Gründen keine Diskussion mehr stattfand.

Der Abend vereinigte die Kongreßteilnehmer in der Königlichen Hofoper zum Besuch der Festvorstellung von Richard Wagners „Tannhäuser“, und nach Schluß der Vorstellung war noch ein zwangloses Beisammensein in dem gegenüberliegenden „Italienischen Dörfchen“ arrangiert, dem noch fast 150 Personen gefolgt waren.

Der nächste und letzte Tag der Versammlung wurde mit einer Besichtigung des Kgl. Schauspielhauses eingeleitet. Die Teilnehmer hatten Gelegenheit, unter Führung von Maschineriedirektor Linnebach die maschinen-technischen und Beleuchtungs-Einrichtungen zu besichtigen. Von der Bühne aus bewunderten die Anwesenden zuerst die Wirkung der Bogenlampen- und dann der Glühlichtbeleuchtung auf den gewaltigen Kuppelhorizont. Rosiger Schimmer kündete den nahenden Tag, helleuchtender Sonnenschein die Mittagsstunde, dann

---

[1]) Die Diskussion ist dem Vortrag angefügt. Die Schriftltg.

kam der Abend, und in allen Tinten erglühte der Horizont; Sterne blinkten und funkelten, herein brach die düstere Nacht. Weiter erklärte Direktor Linnebach das in seiner ganzen Ausdehnung versenkbare Bühnenpodium; auf der mittelsten der drei Streifenversenkungen ging nun die Fahrt in die Tiefe; Teilversenkungen und seitliche Schiebebühnen, auf denen gerade die Ausstattung für die Faustaufführung fertig aufgebaut stand, offenbarten neue technische Wunder.

Hierauf folgte die Besichtigung der Fabrik Heinrich Ernemann, A.-G. für Kamerafabrikation.

Generaldirektor Kommerzienrat Ernemann und der kaufmännische Direktor Heyne hießen die Erschienenen aufs liebenswürdigste willkommen. Unter Führung der technischen Direktoren wurde sofort in mehreren Gruppen ein Rundgang durch die Fabrik angetreten. Von der Stanzerei aus, in der die Rohteile für Kamera- und Kinobau hergestellt werden, ging es in den Saal für Holzbearbeitung mit den neuesten Fräs- und Hobelmaschinen und Kreissägen, weiter durch die Säle der Tischlerei, in die Räume für Metallbearbeitung und in die Schlosserei. Die neuesten Apparate für kinematographische Aufnahmen und Vorstellungen wurden erläutert, Kopierapparate für Films in Betrieb gezeigt, Graviermaschinen erklärt und schließlich die optische Abteilung und die Schleiferei mit ihren großartigen Vorrichtungen besichtigt. Bei dem anschließenden Frühstück sprach der Vorsitzende Prof. Prandtl unter allgemeinem Beifall auf das weitere Blühen und Gedeihen der Firma Ernemann. Danach hielt Ing. Kammerer unter Vorführung prächtig gelungener Lichtbilder einen interessanten Vortrag über die Erfindung des verstorbenen österreichischen Hauptmanns Scheimpflug, die hauptsächlich die Gewinnung von Geländephotogrammen aus der Luft bezweckt und die in weiterem Ausbau schon sehr gute Erfolge erzielt hat.

Den Schluß der Tagung bildete dann die wohl allen Teilnehmern unvergeßliche Automobilfahrt nach der Bastei, die der Königlich Sächsische Automobilklub veranstaltet hatte. Rasch ging's hinein in die lachende Frühlingslandschaft. Bald breitete sich zur Linken und Rechten der buntfarbige Teppich der Wiesen, bald zogen sich grünende Saatgefilde hinein ins weite Land. Felsen tauchten auf, bergauf und bergab führte die Straße, über Täler und Höhen, immer steiler wurde der Weg, und ehe man es sich versehen, war das Basteiplateau erreicht.

Hier bot der Königlich Sächsische Automobilklub den Teilnehmern einen Imbiß. Im Namen des Klubs begrüßte dessen Präsident Geh. Regierungsrat Dr. Niethammer, Vortragender Rat im Ministerium des Innern, die Herren. In feinsinniger Wendung ließ Geheimrat Niethammer seine Ansprache in ein dreifaches Hoch auf die Damen ausklingen. Alsbald erwiderte Geh. Regierungsrat Professor Barkhausen. Tages Arbeit, abends Gäste, saure Wochen, frohe Feste, diese Worte gäben so recht ein Abbild der letzten Tage. In unvergleichlicher Weise seien die Mitglieder der Gesellschaft von allen Seiten in Dresden aufgenommen worden. Besonders aber seien alle erhoben worden durch die unter hervorragender Regie stehende Tannhäuser-Aufführung, die das Werk in so taktvoller Weise geboten habe, wie er und viele andere es noch nie gesehen und gehört hätten. Nun sei noch zum Schluß der Tagung diese Fahrt in Dresdens einzigartige Umgebung veranstaltet worden. Er könne versichern, daß keiner der Teilnehmer diese dritte

Mitgliederversammlung der Gesellschaft vergessen werde. Sein Hoch galt dem Königlich Sächsischen Automobilklub. Eine mit freudigem Beifall aufgenommene Ansprache hielt schließlich Geh. Baurat Veith vom Reichsmarineamt, die in ein Hoch auf den Ortsausschuß mit Geh. Hofrat Professor Grübler an der Spitze ausklang.

So hat denn auch die III. Hauptversammlung dank der rührigen Leitung in Dresden einen in jeder Beziehung befriedigenden Verlauf genommen, so daß die Teilnehmer ihr ein gutes Angedenken bewahren werden.

Der Hauptversammlung am 28. April erwies Se. Majestät der König von Sachsen mit Gefolge und in Begleitung der verschiedenen Herren Minister die Gnade, einem Vortrag mit Demonstrationen beizuwohnen; außerdem nahmen laut Präsenzliste an der Versammlung am 26. bis 29. April in Dresden u. a. teil:

Ahlborn, Professor Dr.	Hamburg
Albert, Geh. Oberregierungsrat, Reichsamt des Innern	Berlin
von Ascheberg, Freiherr Oberleutnant	Jüterbog
Bader, Dipl.-Ing.	Straßburg
Barkhausen, Geh. Reg.-Rat Prof. a. D. Dr.-Ing.	Hannover
Barkhausen, Professor	Dresden
Barnewitz, Dipl.-Ing., stellvertretender Vorsitzender des Dresdener Bezirksvereins deutscher Ingenieure	Dresden
Bartsch, Hauptmann, Kriegsministerium	Berlin
Baumann, Professor	Obertürkheim bei Stuttgart
Bayer, Geheimrat	Elberfeld
Beck, Exz., Staatsminister Dr., Kultusministerium und Ministerium des Öffentl. Unterrichts	Dresden
Becker, Ingenieur	Steglitz
Béjeuhr, Geschäftsführer der W. G. L.	Berlin-Charlottenburg
Bendemann, Professor Dr.-Ing.	Adlershof
Bergmann, Dr.	Oberschöneweide
Berson, Professor	Berlin-Lichterfelde-W.
Betz, Dipl.-Ing.	Göttingen
Beutler, Geh. Finanzrat a. D., Oberbürgermeister Dr. jur. Dr.-Ing.	Dresden
Beyer, Herrmann	Dresden
Blumenthal, Generaldirektor	Frankfurt a. M.
Bock, Dr.-Ing.	Chemnitz
von Böttinger, Geh. Reg.-Rat Dr., M. d. H.	Elberfeld.
Bredenbreuker, Hauptmann	Berlin-Schöneberg
Bucherer, Zivil-Ing.	Berlin-Reinickendorf-West
von Buttlar, Leutnant	Charlottenburg
Camozzi, Direktor	Niederlößnitz bei Dresden
Cohnheim, Professor	Hamburg
von Cornides, Verlagsbuchhändler	München
von Criegern, Exz., Kammerherr, Kämmerer Sr. Majestät des Königs von Sachsen	Dresden
Denninghoff, Reg.-Rat., Kaiserl. Patent-Amt.	Berlin-Dahlem
Dieckmann, Privatdozent Dr.	Gräfelfing bei München

Dinglinger, Hauptmann	Bitterfeld
von Doblhoff, Freiherr, Dr.-Ing., Konstrukteur am aeromechanischen Laboratorium der K. K. technischen Hochschule Wien	Triebuswinkel
Dörr, Dipl.-Ing., Leiter der Luftschiffwerft	Potsdam
Eckelmann, Korvettenkapitän, Admiralstab der Marine . . .	Berlin
von Einsiedel, Dr. med.	Dresden
Elert, Korvettenkapitän, Königl. Sächs. Automobil-Klub . . .	Dresden
d'Elsa, Exz., General der Infanterie, Kommandeur des XII. (K.S. 1) Armeekorps	Dresden
Engelhard, Schatzmeister des Ruhr-Bezirkvereins deutscher Ingenieure	Essen-Ruhr
Euler, August, Fabrikbesitzer	Frankfurt a. Main
Everling, Dr.	Adlershof
Förster, Geh. Rat, Technische Hochschule	Dresden
Föttinger, Professor Dr.-Ing.	Zoppot-Danzig
Friedländer, Hofrat, Professor Dr.	Hohe Mark im Taunus.
Friedländer, Korvettenkapitän a. D.	Kiel
Friedrich, Oberst, Verkehrstechn. Prüfungskommission	Berlin-Schöneberg
Fuhrmann, Dipl.-Ing. Dr.	Adlershof
von Funcke, Major	Dresden
Gaissert, Hauptmann, Führer des Z VII	Dresden
Gaule, K., Dipl.-Ing.	Aachen
Gehlen, Dipl.-Ing. Dr.	Friedrichshafen a. B.
George, Hauptmann, Verkehrstechn. Prüfungskommission . .	Berlin-Charlottenburg
Gohlke, Ingenieur	Adlershof
von der Goltz, Freiherr, Exz., Generalleutnant z. D.	Berlin
Görges, Geheimer Hofrat, Prof Rektor der Technischen Hochschule	Dresden
Gradenwitz, Ing. und Fabrikbesitzer	Berlin
Grosse, Professor Dr. Vorsteher des Meteorologischen Observatoriums	Bremen
Grübler, Geheimrat, Professor Dr.	Dresden
Gruhl, Kurt	Dresden
Grulich, Karl, Dipl.-Ing.	Gotha
Gümbel, Professor Dr.-Ing.	Berlin-Charlottenburg
von Hänisch, Exz. Generalleutnant, Generalinspekteur d. Milit. Verk.-Wesens	Berlin
von Hausen, Freiherr, Exzellenz, Staatsminister, Minister des Krieges, Generaloberst	Dresden
Heller, Dr.-Ing., Deutsche Vers.-Anstalt f. Luftfahrt	Adlershof
Herzing, Direktor	Dresden
Hetzer, Major	Dresden-Loschwitz
Heubach, Professor, Direktor der Elektromechanischen Werke .	Heidenau
Hoff, Dr.-Ing.	Adlershof
Holst, Hofrat	Dresden
Hoßfeld, Wirkl. Geh. Oberbaurat	Berlin
Huppert, Professor, Ing.	Frankenhaus. a. Kyffh.
von Jena, Hauptmann	Bitterfeld
Josse, Geh. Reg.-Rat, Professor an der Technischen Hochschule	Charlottenburg
Junkers, Professor	Aachen
Kämmerer, Ing., Vertreter des Vereins deutscher Ingenieure	Berlin
Kammsetzer, Hofrat	Dresden
von Kârmân, Prof. Dr.	Aachen
von Kehler, Hauptmann d. R., Luftfahrzeug Ges. m. b. H. . .	Berlin

Kempf, Dr.-Ing.	Bergedorf bei Hamburg
Knocke, Stadtrat	Dresden
Knoller, Professor	Wien
Kober, Dipl.-Ing., Direktor des Flugzeugbau	Friedrichshafen a. B.
Koeppen, Hauptmann, Generalstab der Armee	Berlin
Korn, Otto	Dresden
Köttig, Polizeipräsident	Dresden
Kretzschmar, Dr., Erster Bürgermeister	Dresden
Krey, Reg.- und Baurat	Berlin
Krüger, Stadtrat, Dr.	Dresden
Kühne	Niederlößnitz bei Dresden
von Laffert, Exz., Generalleutnant z. D., Präsident des Kgl. Sächs. Vereins f. Luftfahrt	Kleinschachwitz bei Dresden
Laudahn, Marinebaurat	Berlin-Grunewald
Lingner, Exz., Wirkl. Geh. Rat, Präsident des Automobil-Klubs	Dresden
Linnarz, Hauptmann, Inspektion d. Luftschiffertruppen	Berlin Schöneberg
Lorenzen, Ingenieur	Neukölln
Madelung, Ingenieur	Berlin-Charlottenburg
Mader, Dr.-Ing.	Aachen
Marcuse, Professor Dr.	Berlin-Charlottenburg
Meyer, Marinebaurat, Reichs-Marine-Amt	Berlin
Meyer, Leutnant, Flugplatzverwaltung	Dresden
Morell, Fabrikbesitzer	Leipzig
Nagel, Dr., Staatsminister, Minister d. Justiz, Exzellenz	Dresden
Niethammer, Geh. Reg.-Rat, Dr.	Dresden
Nusselt, Dr.-Ing.	Dresden
von Oertzen, Hauptmann, Fliegertruppe	Döberitz
Otzen, Magnifizenz, Prof., Rektor der Technischen Hochschule	Hannover
von Parseval, Major z. D., Prof. Dr.-Ing.	Berlin-Charlottenburg
Pfund, Prokurist	Dresden
Polis, Professor Dr., Direktor d. Meteorologischen Observatoriums	Aachen
Prandtl, Professor Dr.	Göttingen
Probst, Hüttendirektor	Düsseldorf
Pröll, Professor Dr.-Ing.	Hannover
Quittner, Dr., Dipl.-Ing.	Berlin-Schöneberg
Rasch, Oberleutnant a. D., Generalsekretär des D. L. V.	Berlin-Charlottenburg
Reichardt, Otto, Dipl.-Ing.	München
Reißner, Professor Dr.-Ing.	Berlin-Charlottenburg
Rieß von Scheurnschloß, Exz., Generalleutnant z. D., Präsident der deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt	Berlin
Romberg, Magnifizenz, Professor, Rektor der Technischen Hochschule	Berlin-Charlottenburg
von Rottenburg, Gerichtsassessor	Frankfurt a. M.
Rumpelt, Ministerialdirektor, Geheimrat	Dresden
Schelcher, Geheimer Rat, Dr., Ministerialdirektor	Dresden
Scheit, Geh. Hofrat, Professor	Dresden
von Schimpff, Dr. jur.	Dresden
Schlink, Professor	Braunschweig
Schlippe, Geh. Reg.-Rat, Sächs. Ingen.- u. Architekt.-Verein	Dresden
Schmaltz, Geheimrat	Dresden
Schmidt, Curt, Dr. med.	Dresden-Strehlen
Schmidt, Karl, Professor Dr.	Halle. Sa.

Schnetzler, Ing.	Frankfurt a. M.
Schönberg, Rechtsanwalt, stellvertretender Vorsitzender des Mittelmosel-Vereins für Luftfahrt	Berncastel-Cues(Mosel)
von Schröder, Leutnant	Berlin
Schulze-Garten, Justizrat, Dr., Sächs. Verein f. Luftfahrt . .	Dresden
Schwarzschild, Geheimrat, Professor Dr.	Berlin-Potsdam
von Seebach, Graf, Exz., Geheimrat	Dresden
Seppeler, Dipl.-Ing.	Adlershof
Seyrich, Dr.-Ing., stellvertretender Direktor	Dresden
von Soden-Fraunhofen, Freiherr, Dipl.-Ing.	Friedrichshafen a. B.
Spranger, Ober-Postdirektor	Dresden
Steudel, Ing.	Dresden
Sticker, Gerichtsassessor a. D.	Berlin
Trefftz, Dr., Assistent an der Technischen Hochschule	Aachen
Tull, Geh. Ober. Reg.-Rat, Ministerium d. öffentl. Arbeiten . .	Berlin
Veith, Wirkl. Geh. Oberbaurat, Dr.-Ing., Abteilungschef im Reichs-Marine-Amt	Berlin
Vitzthum von Eckstädt, Graf, Staatsminister, Minister d. Innern und d. auswärtigen Angelegenheiten	Dresden
Vogel, ...	Dresden
Vollmann, Richard	Sebnitz in Sachsen
Vorreiter, Zivil-Ing.	Berlin
Wagner, Hermann, Professor Dr.	Göttingen
Wassermann, Patentanwalt, Dipl.-Ing., ...	Berlin
Weidert. Dr., Direktor der Firma C. P. Goerz	Berlin
Weißwange, Dr.	Dresden
Wenger, Dr.	Leipzig
Westphal, Ing.	Berlin-Schöneberg
Wiener, Direktor	Berlin-Charlottenburg
Wieselsberger, Dr.	Göttingen
Wolff, Direktor	Berlin-Lankwitz
Wunderlich, Baumeister	Dresden
Zeyssig, Direktor	Berlin

Hauptversammlung.

A. Die geschäftlichen Verhandlungen

am Montag, den 27. April 1914, in der Aula der Technischen Hochschule.

Beginn vormittags 9 Uhr 15 Minuten.

Vorsitzender Geh. Regierungsrat Dr. v. Böttinger: Meine Exzellenzen! Hochverehrte Herren! Gestatten sie mir im Namen des Vorstandes und im Namen unserer Gesellschaft, Sie zunächst auf das herzlichste zu begrüßen, Ihnen aber auch unseren warm bekundeten Dank auszusprechen für die Ehre, die Sie, hochverehrte Exzellenzen und Herren Vertreter der verschiedenen Reichs- und Staatsbehörden, durch Ihre Teilnahme an unseren heutigen Verhandlungen uns erweisen. Unseren Mitgliedern und den Gästen unserer Gesellschaft möchte ich ein ebenso herzliches Willkommen entgegenrufen und die Hoffnung aussprechen, daß sie am Schlusse unserer Tagung befriedigt nach Hause zurückkehren werden in dem Bewußtsein, wieder einen Stein zu dem großen Bau beigetragen zu haben, dessen Entwicklung unsere Aufgabe ist: einem der neueren Gebiete der Forschung und des menschlichen Wissens. Wir fühlen uns besonders geehrt, da nicht nur die Königlich Sächsische Staatsregierung, vertreten durch den Herrn Ministerpräsidenten und Minister des Innern Exzellenz Grafen Vizthum und den Herrn Kultusminister Exzellenz Dr. Beck, sondern auch der Herr Reichskanzler durch Herrn Geh. Ober-Reg.-Rat Albert aus dem Reichsamt des Innern uns hier begrüßen wird, und daß weiter die Behörden der anderen Staaten sowie der verschiedenen Ministerien ihre Vertreter hierher gesandt haben. Für uns liegt darin eine ganz besondere Befriedigung, denn wir ersehen daraus, daß die Arbeiten und Aufgaben, die wir uns gestellt haben, für die hohen Behörden Interesse bieten, wodurch sie anerkennen, daß auch wir mit beitragen an dem Ausbau dieses neuen Wissensgebietes.

Ich darf wohl bei dieser Gelegenheit Ihnen, verehrte Magnifizenz Görges, den verbindlichsten Dank aussprechen, daß Sie uns die Räume der Technischen Hochschule in so gastlicher und liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellt haben und dadurch unseren Beratungen eine gewisse Weihe zuteil werden lassen.

Weiter möchte ich Ihnen, hochverehrte Exzellenz von Laffert, ganz besonders danken für die Gastfreundschaft, die Sie uns gestern abend zuteil haben werden lassen wie auch für alle Bemühungen, die Sie in unserem Interesse gehabt haben.

Endlich danke ich noch ganz besonders Herrn Geheimrat Grübler als Vorsitzenden des Ortskomitees; wir wissen es besonders seinen Bemühungen zu danken, daß alles in schönster Ordnung ist und daß wir so schönen Tagen hier entgegensehen dürfen.

D. Dr. Beck, Minister des Kultus und öffentlichen Unterrichts, Exzellenz: Meine hochverehrten Herren! Im Namen der Sächsischen Staatsregierung habe ich die Ehre, die dritte Versammlung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik im Königreich Sachen auf das herzlichste willkommen zu heißen. Wir freuen uns, in diesen Tagen die Versammlung einer Gesellschaft hier begrüßen zu dürfen, die, wenn sie auch noch nicht lange besteht, doch in der Zeit ihres Bestehens so wesentlich durch ihre wissenschaftlichen Ergebnisse zum Ausbau und zu den Fortschritten der Flugtechnik mitgewirkt hat, und wir hoffen, daß auch die Dresdener Tagung dazu beitragen wird, auf diesem wichtigen Gebiete neue Errungenschaften für das Flugwesen zu erzielen.

Meine hochverehrten Herren! Wir dürfen es mit Stolz begrüßen und teilen Ihre Genugtuung darüber, daß unser Deutsches Reich, das lange mit anderen Nationen hat ringen müssen, nunmehr wohl an die Spitze sämtlicher Nationen auf dem Gebiete des Fliegerwesens und der Flugtechnik gelangt ist. Wir haben aus dem gestrigen hochinteressanten Vortrag die Beweise dafür entnommen, wie unsere Flieger mit unermüdlicher Todesverachtung und einem wahrhaften Heldenmut den anderen Nationen es abgerungen haben, heute Deutschland an die erste Stelle zu bringen. Wir hoffen, meine hochverehrten Herren, daß Sie durch die gestrige Besichtigung unseres Dresdener Flugplatzes und durch die dort getroffenen Einrichtungen, insbesondere der jetzt wohl größten Luftschiffhalle, die wir in Deutschland besitzen, sich davon überzeugt haben, wie wir auch in Sachsen bestrebt gewesen sind, im Wettbewerb mit den anderen Bundesstaaten das Fliegerwesen und die Flugtechnik zu einer Stufe möglichster Vollkommenheit zu bringen. Ich bin glücklich, daß Ihre Verhandlungen gerade hier in unserer Technischen Hochschule stattfinden, die mit anderen Hochschulen zusammen bemüht ist, Ihre Bestrebungen zielbewußt zu fördern.

Und so hoffe ich, meine hochverehrten Herren, daß auch ihre diesjährige Tagung dazu beitragen wird, der Flugtechnik neue Bahnen zu weisen und neue vorteilhafte Ergebnisse zu liefern, daß Sie recht frohe und glückliche Stunden in unserem Königreich verleben und, wenn Sie in ihre Heimat zurückkehren, sagen möchten: Hier war ich gern und gerne mochte ich weilen.

Nochmals herzlich willkommen! (Lebhafter Beifall.)

Geh. Oberregierungsrat Albert (Reichsamt des Innern): Exzellenzen! Meine hochverehrten Herren! Es ist mir eine besondere Ehre, die Wissenschaftliche Gesellschaft für Flugtechnik im Namen der Reichsverwaltung zu begrüßen und ihr das besondere Interesse zum Ausdruck zu bringen, das die Reichsverwaltung und die hier anwesenden Vertreter der Reichsressorts an Ihren Verhandlungen nehmen.

Meine Herren! Wenn wir aus Anlaß einer so wichtigen Tagung, wie der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik, auf die Erfolge der letzten Jahre zurückblicken, so müssen wir uns, wie das ihr verehrter Herr Vorsitzender gestern so

trefflich hervorgehoben hat, vor einer Überschätzung zweifellos hüten. Auf der andern Seite dürfen wir mit Genugtuung, wie das auch Se. Exzellenz, der Herr Kultusminister getan hat, feststellen, wie wir doch in den letzten Jahren außerordentlich vorwärtsgekommen sind. Beweise dafür sind die Leistungen unserer deutschen Offiziersflieger, ferner die Tatsache, daß wir gerade im letzten Jahre in den Besitz sämtlicher Weltrekorde uns gesetzt haben. Man mag vom wissenschaftlichen und technischen Standpunkt aus die Bedeutung solcher Weltrekorde zweifellos nicht zu hoch einschätzen, immerhin geben sie doch einen Beweis für das Niveau, auf dem wir uns befinden. Wir dürfen uns auch mit Genugtuung dessen erfreuen, daß diese Tatsache in steigendem Maße jetzt in der ausländischen Presse zum Ausdruck kommt, in der mit anerkennenswerter Objektivität die Bedeutung der deutschen Leistungen gewürdigt wird, die jetzt den Vorsprung Frankreichs vor Deutschland wieder eingeholt haben. Diese Einholung eines Vorsprungs ist für die deutsche Art, zu arbeiten, recht charakteristisch. Wenn wir uns die verschiedenen Gebiete technischer Leistungen vergegenwärtigen, so werden wir überall finden, daß die Deutschen zunächst anderen Ländern es überlassen haben, große Erfindungen in die Praxis zu übertragen. Ich darf daran erinnern, daß wir auf dem Gebiete des Eisenbahnwesens lange Zeit hinaus mit englischen Lokomotiven gefahren sind, ja daß wir sogar mit englischen Lokomotivführern uns haben behelfen müssen. Und doch ist schon in den 80er Jahren im englischen Parlament die Frage gestellt worden, wie es denn komme, daß England keine Lokomotiven mehr bauen könne, ob man sie denn stets aus Deutschland beziehen müsse. Wenn das auch aus begreiflichen Gründen eine Übertreibung ist, so beweist es doch die Entwicklung.

Ähnlich ist es gegangen auf dem Gebiete des Flugwesens. Auch hier haben wir zunächst anderen Nationen den Vorsprung überlassen. Wie wir alle wissen, liegt dies daran, daß es dem Deutschen nicht gegeben ist, sich einer neuen Idee mit großem Eifer und großer Schnelligkeit zu bemächtigen. Er tritt erst an die Sache heran, wenn er die wissenschaftlichen Grundgesetze klargelegt, sie in die Technik übertragen und damit erst die Grundlagen für ein industrielles Schaffen gefunden hat. Als besonders charakteristisch darf ich in dieser Beziehung darauf hinweisen, daß gerade in der letzten Zeit die deutschen Flugzeugmotoren in besonderem Maß in den Vordergrund getreten sind, während es noch vor kurzer Zeit eine Tatsache war, daß der französische Rotationsmotor durchaus überlegen war. Auf diesem Gebiete berühren sich auch in besonderem Maße die Arbeiten der Reichsverwaltung mit denen der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik. Die vom Reichsamt des Innern gegründete Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt hat in den letzten Jahren auf die Prüfung der Flugzeugmotoren einen besonderen Wert gelegt. In Ausführung der von Sr. Majestät dem Kaiser angeordneten Wettbewerbe und unter der so dankenswerten Mitarbeit der militärischen Ressorts, insbesondere des verehrten Altmeisters der Maschinentechnik, Herrn Geheimrat Veith, ist die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt gerade jetzt im Begriffe, den 2. Wettbewerb um den Kaiserpreis durchzuführen. Da ist es für sie von ganz besonderer Bedeutung, daß die Wissenschaftliche Gesellschaft für Flugtechnik auf der diesjährigen Tagung der Frage der Flugzeugmotoren einen besonders

breiten Raum eingeräumt hat. Ich darf bezüglich des Zusammenarbeitens mit der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik noch hinweisen auf das weite Gebiet der Erfindungen. Die Wissenschaftliche Gesellschaft hat es übernommen, die Prüfung der so überaus zahlreich eingehenden Erfindungen zu übernehmen. Sie hat damit den Reichsbehörden nicht nur eine Last abgenommen, sondern sie dient gleichzeitig damit den Fortschritten der Technik, indem sie versucht, soweit es überhaupt möglich ist, besonderen Gedanken Lebenskraft einzuhauchen und ihre Ausführung zu ermöglichen.

So ist es nicht nur eine Repräsentationspflicht der Reichsverwaltung, die Wissenschaftliche Gesellschaft für Flugtechnik zu begrüßen, sondern es geschieht das aus dem Gefühl eines engen und gedeihlichen Zusammenarbeitens. Es ist mir daher ein besonders herzliches Bedürfnis, Sie im Auftrag der Reichsverwaltung aufrichtig zu begrüßen und Ihrer Tagung einen vollen Erfolg zu wünschen. (Lebhafter Beifall).

Magnifizenz Geh. Hofrat Görges, Rektor der Technischen Hochschule: Eure Exzellenzen! Meine sehr geehrten Herren! Im Namen der Königlich Technischen Hochschule habe ich die Ehre, Sie hier zu begrüßen und in diesen unseren Räumen auf das herzlichste willkommen zu heißen.

Meine Herren! Wenn eine Technik erst im Werden begriffen ist, so hat natürlich der Erfinder das Wort und es muß sich der Versuch daran knüpfen. Und diese Versuche sind hier mit großem bewunderungswürdigen Mut ausgeführt worden. Wenn aber eine Technik bis zu einem gewissen Stand der Vollkommenheit gediehen ist, dann muß die wissenschaftliche Forschung einsetzen, um weitere Erfolge zu tätigen. Sie nun, meine Herren, haben sich die Aufgabe gestellt, das Gebiet der Luftfahrt wissenschaftlich zu vertiefen und dadurch auch der Flugtechnik die Wege zu weiteren Fortschritten zu ebnen. Die Hochschule weiß diese Bestrebungen vollauf zu würdigen, da sie von den Anfängen an der Flugtechnik mit lebhaftem Interesse gefolgt ist. Mit Stolz nennen wir den Altmeister der Motorluftschifffahrt, den Grafen Zeppelin, unseren Ehrendoktor.

Ich möchte noch betonen, daß es mich auch mit besonderer Freude erfüllt hat, daß Sie die schwierigen Fragen, die sich die technischen Hochschulen bezüglich des Unterrichts stellen, hier mit auf die Tagesordnung gesetzt haben; ich wünsche Ihrer Tagung im Namen der technischen Hochschule einen recht erfolgreichen Verlauf! (Lebhafter Beifall.)

Exzellenz v. Laffert: Als Vertreter des Königlich Sächsischen Vereins für Luftfahrt habe ich bereits gestern Gelegenheit genommen, die zu unserem Begrüßungsabend erschienenen Herren von Ihnen zu begrüßen und Ihnen unseren Dank auszusprechen, daß Sie unserer Aufforderung, diesmal in Dresden Ihre Tagung zu arrangieren, gefolgt sind. Wir freuen uns, wenn Sie mit den Veranstaltungen des Organisationsausschusses zufrieden sein sollten. Die von Ihrem verehrten Vorsitzenden gestern gesprochenen Worte werden von uns weiter beherzigt werden; wir werden auf dem Gebiete der Luftfahrt stets einem gesunden Optimismus nachleben und wir werden bestrebt sein, daß wir die wissenschaftlich geprüften Arbeiten in die Praxis einführen und weiter entwickeln (Bravo!). Wenn so Wissenschaft und Praxis Hand in Hand gehen, wird es gelingen, die Luftfahrt zu einem allgemein geschätzten und angewendeten Verkehrsmittel zu machen. (Lebhafter Beifall!)

Nachdem dann der Vorsitzende den Herren Vorrednern für die herzliche Begrüßung und für die freundlichen Worte für den weiteren Verlauf der Tagung in warmen Worten den Dank der Gesellschaft zum Ausdruck gebracht hatte, und nochmals der weitgehenden Bemühungen und des liebenswürdigen Entgegenkommens der Herren Geheimrat Grübler und Major von Funke vom Ortsausschuß, Herrn Geheimrat Dr. Niethammer vom Kgl. Sächs. Automobilklub und Herrn Hauptmann von Kehler gedacht hatte, welch letzterer für eine Reihe Fahrten des „P. L. 6“ Freiplätze für die Versammlungsteilnehmer zur Verfügung gestellt hatte, kam er zum

Bericht des Vorstandes über die Gesellschaft

und führte hier etwa folgendes aus:

Ich habe zunächst das große Bedauern auszusprechen, daß unser hochverehrter Herr Ehrenvorsitzender, Se. Kgl. Hoheit Prinz Heinrich von Preußen, verhindert ist, heute hierher zu kommen und die Versammlung zu leiten. Das Schiff, welches ihn von Buenos Ayres zurückbringt, wird voraussichtlich erst am 29. April in Hamburg sein, so daß es unter diesen Verhältnissen nicht möglich sein wird, daß Se. Kgl. Hoheit hierher kommt. Ich kann Sie versichern, daß Se. Kgl. Hoheit mit ganz lebhaftem und intensivem Interesse an unseren Arbeiten teilnimmt, und ich möchte Ihnen nun namens des Vorstandes vorschlagen, daß wir an Seine Kgl. Hoheit ein Huldigungstelegramm absenden.

Dann meine Herren, sind es noch zwei erhabene Monarchen, die mit lebhaftem Interesse alle Fortschritte der Kultur verfolgen, die auch unserer Arbeit ihre Huld und Gnade erweisen: Seine Majestät der Kaiser und Seine Majestät der König von Sachsen. Seine Majestät der König von Sachsen hat die hohe Gnade gehabt, uns in bestimmte Aussicht zu stellen, morgen an den Demonstrationen teilzunehmen. Ich möchte Sie deshalb um die Genehmigung bitten, daß wir an Se. Majestät den Kaiser und an Se. Majestät, den König von Sachsen, Begrüßungs- und Huldigungstelegramme absenden [1]).

Meine Herren! Ich kann Ihnen auch weiter mitteilen, daß Se. Majestät der Kaiser sich regelmäßig Bericht erstatten läßt über unsere Arbeit und schon mehrfach sein lebhaftes Interesse für dieselbe zum Ausdruck gebracht hat.

Leider hat die Gesellschaft auch im verflossenen Jahre wieder mehrere Verluste im Mitgliederkreis erlitten. Wir beklagen das Hinscheiden des Herrn Oberbaurat Fritz vom Reichsmarineamt, des Herrn Leutnant a. D. Raabe aus Cronberg. Und ganz besonders müssen wir gedenken zweier Männer, die uns nahestanden, die mit uns gearbeitet haben und die bei der Katastrophe des „L. 2“ ihr Leben eingebüßt haben: des Herrn Marinebaurat Neumann und des Herrn Marinebaumeister Pietzker. Beide Herren haben lebhaften Anteil an unseren Arbeiten genommen. Wir verdanken ihnen manche Anregung und wir, die wir mit ihnen arbeiten durften, werden sie noch lange in unseren Reihen vermissen. Ich möchte

[1]) Siehe Seite 27.

gleichzeitig auch derer gedenken, die bei den schweren Katastrophen in der Nordsee und in Johannisthal, indem sie in treuem Pflichtgefühl ihrem Vaterlande dienten, plötzlich aus dem Leben abberufen worden sind. Meine Herren! Zum Andenken an unsere Heimgegangenen bitte ich Sie, sich von Ihren Sitzen zu erheben. (Geschieht). Ich danke Ihnen.

Ich werde mich in meinem weiteren Berichte möglichst kurz fassen:

Erfreulich ist die Erhöhung in der Mitgliederzahl im Jahre 1913/14 von 348 auf 421. Aber das befriedigt uns nicht. Im Gegenteil, wir sind etwas niedergeschlagen, wenn wir bedenken, wie groß die Zahl der Herren war, die im Jahre 1912, als wir uns konstituierten, als Mitglieder uns beitraten, und wie groß die Zahl der Herren ist, die dann diese Mitgliedschaft nicht aufrecht erhalten haben. Nicht der Einnahmen wegen sind wir deprimiert, sondern wir sind betrübt, daß die Herren das Interesse, das sie am Anfange gehabt haben, nicht auch weiter aufrecht erhalten haben. Denn eine Mitgliederzahl von 421 ist nicht genügend. Die Aufgaben, die wir uns gestellt haben, müssen doch so in alle Kreise der Bevölkerung eindringen, das Interesse muß ein so viel lebhafteres werden, daß wir die dringende Bitte an Sie richten, in Ihren Kreisen weiter Freunde für unsere Sache zu werben. Wir möchten Ihnen vom Vorstand aus vorschlagen, daß wir morgen vor Eintritt in die Tagesordnung vielleicht eine kurze Beratung von 15—20 Minuten haben, um Ihnen Gelegenheit zu geben, mit neuen Anregungen zu kommen, in welcher Weise wir hier am besten vorgehen. Es würde uns zu lange aufhalten, wenn wir uns heute damit beschäftigen würden.

Exzellenz Dr. Beck: Verzeihen Sie, wenn ich unterbreche. Ich möchte Sie bitten, mir die Mitgliedsnummer 422 zu geben. (Lebhafter Beifall.)

Vorsitzender: Diese Unterbrechung begrüßen wir mit Freuden und in der Hoffnung, daß weitere Herren nachfolgen.

Bezüglich der Zusammensetzung des Vorstandes möchten wir Ihnen vorschlagen, daß wir in Zukunft etwas anders verfahren bezüglich der Herren Vertreter der Behörden. Bis jetzt sind die betreffenden Herren persönliche Mitglieder. Wir halten es nun für richtig, daß die Vertreter der Reichs- und Staatsbehörden als Kommissare seitens ihrer Herrn Chefs delegiert werden, daß sie natürlich im Vorstand mit den gleichen Rechten (Sitz und Stimme) ausgestattet und versehen werden, aber von den Mitgliedsbeiträgen dispensiert werden. Es ist dann auch für die betreffenden Behörden viel leichter, jederzeit zu uns ihre Herren zu entsenden. Wir möchten sie deshalb bitten, Ihre Genehmigung dazu zu erteilen, und ich würde, um die Sache nicht nochmals zur Sprache bringen zu müssen, feststellen, daß dies Ihrerseits erfolgt ist, wenn nicht von irgend welcher Seite Bedenken dagegen erhoben werden.

Dies ist nicht der Fall.

Es ist im Vorjahr vom Medizinischen Ausschuß beschlossen, wir möchten doch dahin wirken, daß auf die Flugplätze Ärzte zugelassen werden, die offiziell berechtigt sein sollen, die Flieger vor und nach den Flügen einer körperlichen und, soweit dies möglich, einer psychiatrischen Prüfung zu unterziehen, um festzustellen, ob die betreffenden Herren auch geeignet sind. Wir haben uns an den General-

stabsarzt Se. Exzellenz von Schjerning sowie an Herrn Generalarzt Schultzen wie auch an Exzellenz von Hänisch, den Chef der Generalinspektion des Militär-Verkehrswesens gewandt. Wir haben die große Freude, Ihnen mitzuteilen, daß unserem Gesuch entsprochen worden ist, und daß zunächst ernannt wurden die Herren Hofrat Dr. Friedländer, Stabsarzt Dr. Flemming, Stabsarzt Dr. Koschel, Privatdozent Dr. Halben.

Es soll aber in dieser Richtung noch viel weiter gegangen werden; die Flieger selbst und solche, die es werden wollen, müssen aufmerksam gemacht werden; ebenfalls muß die Aufmerksamkeit der Reichs- und Staatsbehörden herbeigeführt werden. Wir haben nun beschlossen, da auf Vorschlag der Industrie der im Herbst dieses Jahres in Berlin in Aussicht genommenen Luftfahrzeug-Ausstellung eine wissenschaftliche Abteilung angegliedert werden soll (wie vor drei Jahren), bei der Gelegenheit einen Vortrag halten zu lassen, der eingehend und gründlich diese ganze Frage erörtert. Herr Hofrat Dr. Friedländer, der Vorsitzende des medizinischen Ausschusses, hat diesen Vortrag freundlichst übernommen. Wir würden dann die Reichs- und Staatsbehörden einladen und auch die weitgehendste Öffentlichkeit zu dem Vortrag zulassen, um so einem weiteren Bedürfnis zu entsprechen. Ich glaube, wir dürfen uns viel Erfolg davon versprechen. Die Behandlung dieser Frage innerhalb des Rahmens einer Gesellschaft oder einer Tagung ist ja bedeutungsvoll, aber vieles von diesen Verhandlungen wird der großen Bevölkerung nicht genügend bekannt. Es ist daher wünschenswert, daß wir gerade nach der Richtung hin diese Frage bearbeiten.

Ferner ist eine neue Kommission zur Aufstellung grundlegender Berechnungsgrundsätze für den Flugzeugbau gegründet worden, und schließlich haben wir gestern einen Navigiérungsausschuß gebildet. Dann kann ich Ihnen mitteilen, daß wir, ohne uns selbst überheben zu wollen, mit einer gewissen Befriedigung auf das, was im letzten Jahr geleistet worden ist, zurückblicken können. Wir haben uns nicht nur gegründet, konstituiert und halten Jahresversammlungen ab, sondern die Arbeiten der Kommissionen und deren Protokolle beweisen, was geleistet worden ist. Ich möchte diese Gelegenheit benützen, um diesen Kommissionen und ihren Obmännern den verbindlichsten Dank auszusprechen für die so große Förderung, die sie nicht nur uns, sondern der Allgemeinheit zuteil werden ließen. Und auch Ihnen, verehrter Herr Béjeuhr, möchte ich im Namen des Vorstandes und der Generalversammlung danken für die so tatkräftige Mitwirkung und außerordentliche Gewissenhaftigkeit, mit der Sie die Geschäfte führen.

Meine Herren! Es wird Sie interessieren, daß fast zwei Drittel unserer Arbeiten geleistet wird im Interesse der Reichs- und Landesbehörden, und dadurch, wie wohl betont werden darf, im Interesse der Gesamtheit. Für diese Behörden haben wir zu unserer besonderen Genugtuung eine sehr große Anzahl von Fragen, von Aufgaben zu erledigen. Dann haben wir dank der Zuweisung des Betrages von 50000 M. aus der Nationalflugspende und nach der Vereinbarung mit dem Reichsamt des Innern die Prüfung der bei den Reichs- und Landes-, den Militär- und Marinebehörden eingehenden Anmeldungen von neuen Erfindungen zu übernehmen. Die Zahl solcher Erfindungen geht ins Unendliche. Sie würden erstaunen, wenn Sie lesen könnten, wie jeder Erfinder überzeugt ist, daß er jetzt den Hauptschlager

getroffen hat, und Sie würden weiter staunen, wenn ich Ihnen sagen würde, wie außerordentlich wenig wirklich Positives dabei herauskommt.

Wir kommen dann zur

Änderung des Namens der Gesellschaft in Wissenschaftliche Gesellschaft „für Luftfahrt".

Schon bei der Gründung unserer Gesellschaft spielte die Frage des Namens eine große Rolle.

Schließlich wurde „Wissenschaftliche Gesellschaft für Flugtechnik" gewählt. Wir müssen nun zugeben, daß viele Herren damals der Ansicht waren, daß dieser Name kein glücklicher ist. Immerhin ist es besser, ein Versehen anzuerkennen und zu versuchen es zu verbessern, als immer auf dem alten Wege zu bleiben. Wir möchten Ihnen deshalb vorschlagen, nunmehr uns „Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt" zu nennen, ganz besonders deshalb, weil wir nicht nur das Flugwesen, sondern das ganze Gebiet der Luftfahrt in den Bereich der Arbeit genommen haben. Der Name umfaßt dann das ganze Arbeitsfeld, und wir entsprechen damit auch dem Wunsche eines großen Teiles unserer Mitglieder. Erhebt sich kein Widerspruch, so darf ich Ihre Zustimmung feststellen.

Oberstudienrat Prof. Dr. Poeschel: Erlauben Sie mir, zu diesem Beschlusse meiner Freude und Genugtuung Ausdruck zu geben. Ich tue das zugleich auch im Namen des Sprachausschusses des Deutschen Luftfahrerverbandes. Die Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt entspricht durch diese Umänderung ihres Namens auch ihren Zielen. Ich begrüße dies zugleich auch für ein glückverheißendes Zusammenarbeiten der beiden Sprachausschüsse.

Nun darf ich hieran eine Bitte anschließen. Wer weiß, wann sich wieder Gelegenheit gibt, so viele Vertreter der wissenschaftlichen Luftfahrt beisammen zu sehen. Es handelt sich nämlich um eine Bemerkung zu der Fachsprache der Wissenschaft. Sie wissen, meine Herren, daß sich da zwei Grundsätze einander gegenüberstehen; auf der einen Seite wird gesagt: Die Wissenschaft ist international und international sollen auch die Fachausdrücke sein, damit sie möglichst von allen Völkern verstanden werden. Das ist gewiß ein außerordentlich bestechender Grundsatz, aber in der Wirklichkeit doch kaum durchführbar. Was heißt „Internationale Fachausdrücke", die von allen Völkern verstanden werden? Da müßte man schon zu Esperanto greifen, und da müßte man willkürlich wählen. Es sollte aber doch die Wissenschaft für die Luftfahrt getragen werden von der Teilnahme eines ganzen Volkes, und wenn das der Fall sein soll, dann muß das deutsche Volk mindestens auch die Grundbegriffe begreifen. Da möchte ich mir erlauben es auszusprechen, daß die Herren, wenn sie in die Lage kommen, sich daran erinnern und möglichst daran denken, daß die Teilnahme allgemein wird. Dann wird auch der Wunsch des Herrn von Böttinger in Erfüllung gehen, daß die Zahl der Mitglieder ins Unbegrenzte wächst.

Und nun möchte ich noch den herzlichen Wunsch hinzufügen, daß die Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt, die einen so großen Teil der wissenschaftlichen Vertreter der Luftfahrt vereinigt und der kein anderer Staat eine ähnliche Vereinigung an die Seite zu stellen vermag, daß diese Gesellschaft unter dem er-

weiterten Namen zu der Bedeutung in der ganzen Welt gelangen möchte, die ihr gebührt. Möchte ihr Erfolg über Erfolg beschieden sein zu einer glücklichen siegreichen Weiterentwicklung der deutschen Luftfahrt! (Lebhafter Beifall.)

Vorsitzender: Ich danke bestens für diese freundlichen Wünsche und darf wohl diese Gelegenheit noch benützen, Ihnen, sehr verehrter Herr Professor, zu danken für die Anregungen, die Sie uns gegeben haben in der Frage der Sprachreinigung unserer Statuten. Sie sehen, daß diese Anregungen auf guten Boden gefallen sind in dem Beschluß, der heute von unserer Generalversammlung gefaßt ist.

Dann kommen wir zum

Antrag auf Verlegung des Geschäftsjahres auf das Kalenderjahr.

Der Antrag ist die Folge einer Anregung, die ausgegangen ist von einer Anzahl von Behörden, und vor allem von einer Anzahl städtischer und Universitätsbibliotheken. Für die Gesellschaft selbst würde es auch sehr erwünscht sein, wenn das Geschäftsjahr anstatt, wie jetzt, vom 1. April bis 31. März, mit dem Kalenderjahr zusammenfiele. Es wird freilich finanziell für die Herren Mitglieder in diesem Jahr eine kleine Prüfung bedeuten, weil sie den Beitrag für 1914 bis 1. April 1915 schon bezahlt haben. Der Vorstand schlägt Ihnen vor, das Geschäftsjahr mit dem 1. Januar 1915 zu beginnen und die Beiträge Ende Dezember bzw. Anfang Januar zu erheben. Die 5 M. bilden dann eben eine indirekte Besteuerung, die ja jetzt sehr in der Mode ist; sie können aber der Gesellschaft sehr gut tun.

Widerspruch erfolgt nicht, ich stelle fest, daß der Antrag angenommen ist.

Wir kommen zum

Antrag auf Einführung eines Gesellschaftsabzeichens.

Der Vorstand ist nicht in der Lage, Ihnen heute einen diesbezüglichen bestimmten Antrag zu unterbreiten. Der Antrag war bei der Sitzung im Dezember zur Sprache gebracht worden und es wurde damals beschlossen, die Angelegenheit auf die Tagesordnung der Generalversammlung zu setzen. Wir möchten aber Ihre Ansicht darüber hören. Der Vorstand ist in seiner großen Mehrheit gegen einen solchen Beschluß. (Bravo!) Es sind nach verschiedenen Richtungen hin Bedenken vorhanden. Es ist die Befürchtung vorhanden, daß mit einem solchen Abzeichen Mißbrauch getrieben werden könnte, daß Herren, die nicht mehr Mitglied der Gesellschaft sind, mit einem solchen Abzeichen doch in die Sitzungen kommen könnten, und schließlich hat es auch keinen großen Wert; denn die Herren in den verschiedenen kleineren Kreisen kennen sich auch ohne Extraabzeichen.

Prof. Dr. Friedländer: Ich bin der Ansicht, daß wir diese Frage heute gleich erledigen können. Es ist die überwiegende Mehrzahl der Ansicht, daß eine wissenschaftliche Gesellschaft ein Abzeichen nicht braucht, und daß wir uns, wie unser verehrter Herr Vorsitzender eben ausgeführt hat, auch ohne Abzeichen erkennen und schätzen lernen. (Bravo!)

Vorsitzender: Meine Herren! Aus Ihrem Beifall ersehe ich, daß Sie einstimmig dem Vorschlag zustimmen, daß wir von der Einführung eines Abzeichens absehen.

Ich schlage Ihnen vor, daß wir, ehe wir die Berichte der Ausschüsse entgegennehmen, noch die anderen geschäftlichen Angelegenheiten erledigen. Zuerst den

Kassenbericht.

Er liegt Ihnen gedruckt vor und zwar finden sie auf der einen Seite den Rechnungsabschluß für 1913/14 und auf der anderen Seite den Voranschlag für 1914/15.

Sie werden daraus ersehen, daß der Kassenbestand am 1. April dieses Jahres 48000 M. beträgt, aber am Ende des Jahres voraussichtlich nur 40000 M. betragen wird. Es liegt dies teilweise daran, daß die Mitgliederzahl noch nicht so groß ist, um die laufenden Ausgaben zu decken. Nach der Zuweisung der Nationalflugspende haben wir uns auf den Standpunkt gestellt, die notwendigen Arbeiten so vollkommen wie möglich durchzuführen. Wir handeln dann im Sinne der Nationalflugspende, wenn wir uns nicht damit begnügen, die einfachen Zinsen aus 50000 M. aufzuwenden, womit wir nicht viel vollbringen könnten, sondern auch vom Kapital zu zehren. Wir leisten, wie ich schon vorhin gesagt habe, diese Arbeiten für die Reichs- und Staatsbehörden, so daß wir die berechtigte Hoffnung haben müssen, von den betreffenden Behörden auch einen Zuschuß zu diesen laufenden Ausgaben zu erhalten. Die nachträgliche Genehmigung müssen wir von Ihnen erbitten für einen Beschluß, den der Vorstand am 21. Dezember letzten Jahres gefaßt hat. Die Arbeit der Kommissionen hat sich so gesteigert, daß man unmöglich den Herren zumuten konnte, neben dem persönlichen Aufwand an Zeit auch noch die sachlichen Ausgaben, die mit einer solchen Reise verbunden sind, zu tragen, ganz besonders, da eine große Zahl von Mitgliedern, auf deren Mitwirkung wir den allergrößten Wert legen müssen, außerhalb Berlins wohnt. Der Vorstand beschloß, unter der Voraussetzung Ihrer Genehmigung, den Betrag von 3000 M. einzusetzen für Bewilligung von Reisegeldern (Fahrgeld 2. Klasse) für die Kommissionsmitglieder. Der von Dezember bis Ende April verausgabte Betrag ist 1787,95 M., woraus Sie ersehen können, wie groß die Zahl der Reisen und die Beteiligung der einzelnen Herren in den verschiedenen Kommissionen war.

Ich darf annehmen, daß Sie uns für diesen Vorstandsbeschluß und auch gleichzeitig für die anderen Posten des Etats Ihre Genehmigung erteilen.

Geheimrat Albert: Ich kann in Vertretung der Nationalflugspende dem Beschluß des Vorstandes, vom Kapital zu zehren, nur beistimmen. Ich möchte mir, damit kein Mißverständnis entsteht, gestatten, noch folgendes zu bemerken: Diese 50000 M. sind von der Nationalflugspende der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt überwiesen worden, um zunächst diese Prüfungen damit zu bestreiten. Würde die Nationalflugspende diese Arbeit gemacht haben, so würde sie einen wesentlich höheren Betrag verwenden. Wir haben nur Ursache, der Wissenschaftlichen Gesellschaft zu danken, daß sie die Arbeit in so selbstloser Weise übernommen hat und mit so großem Sachverständnis durchführt. Wenn ich das Wort ergriffen habe, so wollte ich nur klarstellen, daß für die von der Nationalflugspende der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt zugewiesenen Beträge nicht die Arbeiten für die Reichs- und Staatsbehörden erledigt werden sollen. Das ist eine freiwillige Leistung, die die Wissenschaftliche Gesellschaft aus eigenen Mitteln bestreitet, so daß man es nur begrüßen kann, wenn sie sich an die Reichs-

und Staatsbehörden um einen etwaigen Zuschuß wendet. (Bravo!) Ich mußte das hier feststellen, damit nicht der Eindruck erweckt wird, als ob hier aus den Mitteln einer öffentlichen Sammlung an die Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt Geld hergegeben würde für Arbeiten, die zu bezahlen eigentlich Sache der Reichs- und Staatsressorts wäre.

Vorsitzender: Ich danke dem Herrn Geheimrat in erster Linie für die Ausführungen und möchte hier ausdrücklich feststellen, daß von den Beträgen, die uns von der Nationalflugspende zufließen, nichts verwandt worden ist zur Deckung der Kosten unserer Gesellschaft.

Die Rechnung ist geprüft worden von den beiden Herren Assessor Sticker und Bankier Meckel. Wir möchten zunächst den Herren den Dank aussprechen für diese ehrenamtliche Arbeit, die sie übernommen haben, wobei ich feststelle, daß die Herren sehr eingehend und sehr gewissenhaft alles geprüft haben.

Ich möchte Sie bitten, daß Sie für das nächste Jahr die beiden Herren wieder ersuchen, uns ihre Arbeit und ihre Hilfe zuteil werden zu lassen. (Geschieht.)

Nun kommen wir zur

Wahl des Ortes für die Ordentliche Mitgliederversammlung 1915.

Für dieses Jahr hatte uns eigentlich schon die Stadt Hamburg eingeladen und die Einladung ist dann auf nächstes Jahr vertagt worden, da ein wissenschaftliches Institut in Hamburg erst im nächsten Jahre erstellt wird. Inzwischen haben nun noch eingeladen Düsseldorf, wo im nächsten Jahre eine große Ausstellung stattfindet, ferner Aachen und Danzig.

Der Vorstand ist der Ansicht, daß wir es bei dem einmal gefaßten Beschluß auch lassen sollen, daß wir aber den Herren für die Aufforderung zum nächsten Jahr danken und sie bitten, die Einladung aufrecht zu erhalten, damit wir in den kommenden Jahren darauf zurückkommen können.

Ich darf feststellen, daß für nächstes Jahr Hamburg genehmigt ist.

Nun kommen wir zur

Wahl der turnusmäßig ausscheidenden Mitglieder des Gesamtvorstandes.

Es müssen aus dem Vorstand 10 Herren ausgelost werden. Ich darf Ihnen mitteilen, daß Herr Geheimrat Assmann, der seinen Wohnsitz von Lindenberg nach Gießen verlegt hat, dringend gebeten hat, trotz mehrfachen Ersuchens, bei uns zu bleiben, von seiner Wiederwahl abzusehen. Wir müssen dem Wunsche entsprechen. Ebenso bei Herrn v. Linde in München, der durch Ehrenämter außerordentlich stark in Anspruch genommen ist. Wir möchten Ihnen deshalb unsererseits vorschlagen, daß wir den hochverehrten Herrn Präsidenten des Preisgerichts um den Kaiserpreis-Wettbewerb für Flugmotoren, Herrn Geheimrat Veith bitten in unseren Vorstand einzutreten.

Wirklicher Geh. Oberbaurat Veith: Ich werde gerne, soweit es meine Kraft erlaubt, mich zur Verfügung stellen.

Vorsitzender: In Ausführung des vorigen Beschlusses, daß die Herren, die bisher die Reichsämter vertreten haben, nunmehr als Kommissare gewählt werden, teile ich Ihnen mit, daß dies folgende sind:

Reichsamt des Innern, vertreten durch Herrn Geh. Oberregierungsrat Albert,

Ministerium der öffentlichen Arbeiten, vertreten durch Herrn Oberregierungsrat Dr. Tull,

Generalinspektion des Militär-Verkehrswesens, vertreten durch Exzellenz von Hänisch,

Kriegsministerium, vertreten durch Herrn Oberstleutnant Oschmann,

Reichsmarineamt, vertreten durch Herrn Marine-Baurat Meyer.

An weitere Behörden wird dann noch herangetreten werden.

Aus dem Vorstand würden nach der Auslosung ausscheiden:

Graf v. Sierstorpff, Prof. Dr. Bendemann, Fabrikbesitzer Euler, Geheimrat Prof. Finsterwalder, Prof. Prandtl, Prof. Romberg, Prof. Schütte und Prof. Wachsmuth.

Ich kann Ihnen nur sagen, daß es außerordentlich zu bedauern wäre, wenn einer der Herren nicht wiedergewählt würde. Die Herren haben uns so wertvolle Hilfe und Dienste geleistet und waren so förderlich für die Gesellschaft, daß wir Sie dringend bitten möchten, die Herren per Akklamation wiederzuwählen. (Bravo!)

Dann wären wir mit dem Geschäftsbericht fertig und kommen nun an den

Bericht des Wissenschaftlich-Technischen Ausschusses.

Prof. Dr. v. Parseval: Der Wissenschaftlich-Technische Ausschuß hat verschiedene Mal getagt; er hat keine wissenschaftliche Arbeit geleistet, sondern sich vielmehr organisierend betätigt. Die wissenschaftliche Arbeit bleibt Aufgabe der Unterausschüsse. Ich darf gleich daran anschließen den Bericht des Unterausschusses, dem ich als Obmann anzugehören die Ehre habe, des

Ausschusses für Erfindungen.

Ich möchte bemerken, daß ca. 1500 Erfindungen der Prüfung unterworfen worden sind. Wir haben meistens alle 14 Tage, in neuerer Zeit alle 4 Wochen eine mehrstündige Sitzung in Berlin gehabt, bei welchen die unbrauchbaren Erfindungen zunächst ausgesondert wurden. Es sind da 95—97% ausgefallen. Den Rest haben wir an Fachmänner geschickt, soweit wir uns nicht für zuständig gehalten haben, und die Gutachten dafür eingefordert. Ich darf vielleicht noch hinzufügen, daß eine wirklich bedeutende Erfindung unter den sämtlichen 1500 Einläufen nicht vorhanden war. Es ist eben so: bedeutende Sachen brauchen uns nicht, die finden in der Industrie schon genügend Unterstützung.

Ich habe weiter die Ehre, in Vertretung des Herrn Professor Reissner, der durch Geschäfte verhindert ist, den

Ausschuß zur Aufstellung grundlegender Berechnungsgrundsätze für den Flugzeugbau

zu leiten und möchte über die Tätigkeit dieses Ausschusses folgendes berichten. Der Ausschuß hat gestern eine längere Sitzung abgehalten und hat sich damit beschäftigt, den Entwurf eines Flugzeugs genauer zu berechnen. Gestern hat er sich mit der Berechnung eines Doppeldeckers eingehend befaßt. Es hat sich her-

ausgestellt, daß es wünschenswert ist, die Aufgabe noch etwas weiter zu stecken und daß ein genauer Arbeitsplan noch erforderlich ist. Ich bin beauftragt worden, einen solchen Arbeitsplan über die Berechnung von Flugmaschinen aufzustellen und mit den verschiedenen Herren des Ausschusses in Verbindung zu treten.

Ausschuß für literarische Auskünfte und Literaturzusammenstellung.

Professor Dr. Bendemann: Die Arbeiten des Ausschusses für literarische Auskünfte und Literaturzusammenstellung zielten darauf ab, für die Mitglieder der Gesellschaft und für die weitere Öffentlichkeit periodische Zusammenstellungen und Auszüge über die außerordentlich weite und schwer zu übersehende Literatur der Luftfahrt des In- und Auslandes zu bringen; eine Aufgabe, deren Dringlichkeit von vornherein sehr einleuchtet und deren Erfüllung ein allgemeiner Wunsch weiter Kreise war. Die Arbeiten wurden von meinem Vorgänger, dem ersten Vorsitzenden dieses Ausschusses, mit großer Intensive und Wärme aufgenommen. Leider ist Herr Marinebaumeister Pietzker durch den Tod uns entrissen worden. Er hatte die Sache schon erheblich gefördert, es war schon ein ziemlich festes Programm für die Herausgabe einer solchen Literaturübersicht aufgestellt, auch die übrigen geschäftlichen Vereinbarungen getroffen, und die Sache war soweit gediehen, daß im vorjährigen Etat ein besonderer Posten für die Herausgabe von Literaturverzeichnissen eingestellt wurde. Es hat sich dann allerdings herausgestellt, daß es an einigen Punkten noch fehlt, nämlich an ausreichender freiwilliger Mitarbeit der Herren, die die Literaturauszüge machen wollten, und für die eine Honorierung nicht vorgesehen war. Man hatte erwartet, daß sich eine genügende Anzahl Herren bereiterklären würden, so daß von seiten der Gesellschaft nur Herstellungskosten zu tragen wären. Es scheint, daß die Sache so nicht gehen kann. Bei den augenblicklichen Etatsverhältnissen der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt wird es wohl nicht möglich sein, in großem Umfange an die Sache heranzutreten. Ich hoffe aber doch, daß wir im Laufe des Jahres dazu kommen, Ihnen vielleicht im Herbst oder im nächsten Jahre bestimmte Vorschläge zu machen, die durchführbar sind. Ich hoffe, daß die von mir geleitete Versuchsanstalt, in der sich zahlreiche Geschäfte vereinen, wesentlich mit dazu beiträgt, die Sache zu fördern und in einer praktischen Weise weiterzuführen.

Bericht des Ausschusses für Motoren.

Professor Romberg: Ich kann mich in bezug auf die bisherige Tätigkeit des Ausschusses für Motoren ziemlich kurz fassen, denn ein eingehender Bericht über seine Tätigkeit nicht nur im letzten Jahre, sondern seit seiner Gründung liegt im vorigen Jahrbuch vor.

Die Aufgabe, die uns von Anfang an beschäftigt hatte und noch beschäftigt, die angeregt wurde von unserem leider zu früh verstorbenen Obmann Professor Wagener-Danzig, betrifft die Aufstellung von Normen. Die Aufgabe ist recht umfangreich. Sie ist auch schwierig und langwierig, denn sie ist Neuland. Man muß notgedrungen auf ganz neuen Grundlagen aufbauen. Diese Grundlagen

werden wir erst schaffen müssen, und so wird diese Aufgabe uns recht lange Zeit beschäftigen. Aber wir als Mitglieder des Ausschusses erblicken den Hauptteil der Aufgabe nicht so sehr in der Fixierung solcher Normen, sondern vielmehr in der Klärung der zahlreichen Fragen, die schließlich dann in diesen Normen zusammenzufassen sind.

Es ist ein Programm für die Arbeiten aufgestellt worden, das zunächst die Untersuchung für die Aufstellung von Verträgen, Abnahmen usw., die Untersuchung für Gewerbebetriebe und weiter die praktischen und wissenschaftlichen Studien umfaßt. Mit dem ersten Teil haben wir uns bisher beschäftigt. Sie werden morgen Gelegenheit haben, einen großen Teil dieser Erörterungen in den Vorträgen zu hören. Sie werden dann erkennen, wie schwierig die Frage der Indizierung der Motoren ist, und Sie werden dort sehr interessante Ergebnisse mitgeteilt bekommen.

Das Ergebnis, welches unsere gestrige Ausschußsitzung gebracht hat, ist vor allen Dingen, daß wir beschlossen haben, die Indizierung von Flugmotoren nicht unter die Normen für gewerbliche Prüfungen aufzunehmen, und zwar aus dem einfachen Grunde, weil diese Fragen doch verschieden zu behandeln sind. Wir befürchten, daß von den Vorschriften über das Indizieren der Industrie eventuell schwere Hemmungen für die Weiterentwicklung entstehen werden.

Bericht des Ausschusses für konstruktive Fragen der Luftfahrzeuge mit besonderer Berücksichtigung der Sicherheitsvorschriften.

Prof. Dr. Reißner: Herr Prof. von Parseval hat die Liebenswürdigkeit gehabt, den Vorsitz im Ausschuß für Festigkeitsfragen zu übernehmen. Ergänzend möchte ich Ihnen noch einiges ausführen.

Vor einiger Zeit hat mein Unterausschuß eine Bewertungs-Kommission gewählt mit der Aufgabe, die technischen Vergleiche von Flugzeugen, überhaupt die technische Vergleichung in der Luftfahrt noch mehr in die Wege zu leiten als bisher. Schon länger besteht die Ansicht, daß eine richtige technische Vergleichung verschiedenartiger Flugzeuge die technische Entwicklung günstig beeinflussen muß. Diese Kommission hat ihre Arbeiten begonnen mit den Arbeiten eines ihrer Mitglieder, des Herrn Prof. von Mises, der in sehr dankenswerter Weise die Vorarbeiten für den vorjährigen Prinz-Heinrich-Flug geleitet hat. Auch ich habe eine Veröffentlichung darüber gemacht, die als Grundlage zu einer Besprechung der Kommission gedient hat.

Dann sind wir an den Luftfahrerverband herangetreten, uns die Arbeit zu erleichtern hinsichtlich der Luftfahrt. Er ist in dankenswerter Weise uns entgegengekommen und hat der Kommission das Recht gegeben, an Flugveranstaltungen und Luftfahrten teilzunehmen und überall Einsicht zu nehmen in die Ergebnisse der Wertungen.

Ich kann Ihnen mitteilen, daß vor einigen Tagen Herr v. Parseval und ich als Vertreter der Wissenschaftlichen Gesellschaft einer Sitzung des Vereins Deutscher Motorfahrzeug-Industrieller beigewohnt haben, bei der die Ausschreibung für einen neuen Geschwindigkeitswettbewerb besprochen wurde, und daß unsere An-

regungen und Erörterungen dort sehr liebenswürdig aufgenommen wurden. Herr Bendemann hat sich zunächst privatim an der Ausarbeitung des Wettbewerbes beteiligt, weiterhin besteht die Absicht, daß die Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt in der Kommission weiter die Aufgabe haben wird, nicht nur Geschwindigkeitsbewerbe, sondern auch Höhen- Steig- und Stabilitätswettbewerbe vorzubereiten. Es sind noch viele Schwierigkeiten zu überwinden, ich glaube aber, daß wir sie überwinden werden und dadurch der Technik dienen.

Bericht des Ausschusses für medizinische und psychologische Fragen.

Prof. Dr. Friedländer: Der Ausschuß hat sich im vergangenen Jahre bemüht, vor allem für das sportliche Unternehmen, den Prinz-Heinrich-Flug 1914, vorzuarbeiten, soweit es im Rahmen der Wissenschaftlichen Gesellschaft notwendig ist. Es wurde ein kleines Merkblatt ausgearbeitet, worin in populärer und möglichst klarer Weise auf die Dinge hingewiesen wurde, deren Befolgung vom medizinisch-hygienischen Standpunkt aus am wichtigsten erschien. Es wurden mit sämtlichen Flugetappen Verhandlungen gepflogen, um zu erreichen, daß 1. die überflüssigen Festlichkeiten aufhören, die zu einer übergroßen Ermüdung fast sämtlicher Teilnehmer führen, daß 2. Sorge dafür getragen wird, daß auf einigen Etappen Ruhehallen bzw. Ruheplätze für die Flieger hergestellt werden, in welche sich die betreffenden Herren zurückziehen können, wenn infolge schlechter Witterung der Flug unterbrochen werden muß.

Des weiteren sind von uns Fragebogen ausgearbeitet worden, die sich darauf beziehen, daß vor der Anerkennung des Pilotenzeugnisses eine außerordentlich eingehende Untersuchung stattfinden muß. Ein zweiter Fragebogen wird ausgearbeitet, der sich auf die Untersuchung vor und nach dem Fluge bezieht. Hier ist etwas einzuschalten. Es ist die Befürchtung aufgetreten, als würde von ärztlicher Seite beabsichtigt, Untersuchungen zu anderen als rein wissenschaftlichen Zwecken zu verwenden. Infolgedessen möchte ich hier ausdrücklich erklären, daß die Wissenschaftliche Gesellschaft an der Qualifikation von Fliegern nicht das geringste Interesse hat, sondern daß nur Wert darauf gelegt wird, ein möglichst großes Material zu sammeln, welches die Möglichkeit bietet, auf ihm fußend, weiter wissenschaftlich zu arbeiten und jene Grundsätze zu finden, die es uns ermöglichen, bei höchster Anspannung der Kräfte des einzelnen doch eine möglichste Schonung des Individuums durchzuführen.

Bericht des Ausschusses für Vereinheitlichung der Fachsprache.

Prof. Dr. Prandtl: Da der Obmann des Ausschusses Herr Professor Eugen Meyer-Charlottenburg nicht hier ist, möchte ich mir erlauben, Ihnen einiges über die Arbeiten des Ausschusses zu sagen.

Der Ausschuß hat vor allem seine Ziele geklärt und festgestellt, daß er nicht bloß in philologischer Art eine Sprachreinigung betreiben soll, sondern daß er vielmehr in technischer Art vor allem feststellen soll, was unter den einzelnen Worten für technische Begriffe zu verstehen sind. Er hat seine Aufgabe noch weiter

gefaßt. Die Sprache des Ingenieurs ist zum größten Teil durch Formeln ausgedrückt, und auch die Formeln und Formelgrößen hat er in sein Bereich einbezogen. Er arbeitet auf diesem Gebiet zusammen mit dem bekannten Ausschuß für Einheiten und Formelzeichen, der von dem Verein Deutscher Ingenieure und anderen Verbänden gebildet wird. Die wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt schickt auch einige Mitglieder in diesen Ausschuß, so daß ein gutes Zusammenarbeiten ermöglicht ist.

Bericht des Ausschusses für drahtlose Telegraphie.

Privatdozent Dr. Dieckmann: Der Ausschuß hat ein verhältnismäßig großes Arbeitspensum erledigt. Der gute Erfolg der Sitzungen wurde sehr wesentlich dadurch mit bedingt, daß die Vertreter sämtlicher einschlägigen Behörden bei allen Sitzungen anwesend waren.

Das zunächst festgestellte und durch eingehende Diskussionen geklärte Arbeitsprogramm umfaßt:

1. Untersuchung der durch Bordstationen bedingten Zündungsgefahr; 2. Forschung bezüglich der Ausbreitung der Wellen in Umgebung von Sende- und Empfangstationen; 3. Orientierungssysteme; 4. Durchführung der meteorologischen Beratung in Fahrt befindlicher Luftfahrzeuge.

Bei einer Besprechung der für den drahtlos-telegraphischen Betrieb gültigen Bestimmungen wurde beschlossen, daß die Stationen der Luftfahrzeuge und deren spezielle Gegenstationen noch möglichst unter die militärischen Stationen subnormiert werden, wogegen die nur für Empfang eingerichteten Freiballonstationen als normale Versuchsstationen gelten sollen.

Die nächste Sitzung diente dem Thema der meteorologischen Beratung, und der Ausschuß kam zu dem Ergebnis, daß in der Fahrperiode 1914 vorherige Anmeldung der Fahrt bei den Radiostationen notwendig sei, daß es aber erwünscht wäre, daß in Zukunft diese Anmeldung fortfallen kann.

Im Gegensatz zu der meteorologischen Beratung wurden hinsichtlich der Orientierung bestimmte Beschlüsse als verfrüht angesehen.

Der Ausschuß wird nach Beendigung dieser Fahrperiode wieder zur Aussprache zusammentreten und sein Arbeitsprogramm, soweit militärische Interessen dies zulassen, entsprechend erweitern.

Vorsitzender: Nun habe ich noch etwas nachzutragen: einen sehr warmen Dank, den ich absichtlich zurückgestellt hatte, da uns das Erscheinen eines Vertreters des Herrn Oberbürgermeisters angemeldet war; inzwischen aber ist uns mitgeteilt worden, daß auch dieser dienstlich verhindert sei. Ich hätte nun diesem Herrn gern unseren Dank ausgesprochen, damit er als Träger des Dankes an den Herrn Oberbürgermeister werde. Da dies nicht der Fall ist, so möchte ich hier unsern warmen Dank ausdrücken und nochmals ganz besonders sagen, wie außerordentlich wir erfreut sind, besonders durch die Einladung zu dem Empfang heute abend im Rathaus, und wie sehr die Wissenschaftliche Gesellschaft dieses Entgegenkommen und diese Liebenswürdigkeit der Stadt Dresden und ihres Oberhauptes zu schätzen und anzuerkennen weiß.

Dann hätte ich noch eine Bitte. Es ist dringend wünschenswert, daß die Herren, die sich zu irgendwelchen Festlichkeiten oder Einladungen einschreiben, auch wirklich kommen. Wir haben im letzten Jahr eine sehr unangenehme Erfahrung gemacht. Auf die Einladung des Herrn Geheimrat Aßmann hatten sich 70 Herren eingezeichnet nach Lindenberg zu kommen. Anstatt dieser 70 kamen nur 29. Dies war um so bedauerlicher, als wir eine Anzahl Herren, die noch nachträglich den Wunsch hatten, an der Fahrt teilzunehmen, nicht zulassen konnten, und später keine Möglichkeit mehr hatten, die abgewiesenen Herren noch zu verständigen, daß sie nun doch teilnehmen könnten. Wir möchten deshalb die dringende Bitte an Sie richten, daß Sie rechtzeitig mitteilen, ob Sie an einer Besichtigung teilnehmen wollen oder nicht.

Fortsetzung der geschäftlichen Verhandlungen am Dienstag, den 28. April, vormittags 9 Uhr 20 Min.

Vorsitzender Geheimrat Dr. v. Böttinger: Wir hatten gestern beschlossen, heute vor unserer Tagesordnung eine kleine Debatte einzuleiten, um uns Anregungen von den Herren zu erbitten, in welcher Weise wir die Zahl unserer Mitglieder vermehren können.

Wenn ich selbst einen Vorschlag machen darf, so habe ich mir überlegt, ob es nicht angängig wäre, das Eintrittsgeld von 20 M. für die nächsten zwei oder drei Jahre aufzuheben, so daß die in dieser Zeit Eintretenden von der Zahlung des Eintrittsgeldes befreit wären. Ich bin nämlich der Ansicht, daß manche, besonders jüngere Herren, vom Eintritt bei uns dadurch abgeschreckt werden, daß sie im ersten Jahre 45 Mark bezahlen sollen. Es ist immerhin für den Etat eines jüngeren Dozenten oder eines älteren Studierenden eine ziemliche Belastungsprobe, die dadurch wesentlich vermindert würde, wenn wir sagen, die Herren zahlen nur 25 M.

Geheimrat Veith: Wir haben in der Schiffsbautechnischen Gesellschaft den gleichen Modus eingeführt und haben außerordentlich gute Resultate damit gewonnen. Ich kann nur empfehlen, den Vorschlag des Herrn Geheimrat v. Böttinger anzunehmen.

Die Versammlung beschließt dementsprechend.

Geheimrat Prof. Dr. Barkhausen: Es ist mir bekannt, daß die Schaffung von Mitgliedern verschiedener Art den Erfolg haben kann, daß man frischen Zuzug bekommt. Es würde sich um die Schaffung von Mitgliedern handeln, die nicht mit vollen Rechten an der Gesellschaft teilnehmen, aber auch einen wesentlich niederen Beitrag bezahlen. Wir haben das beispielsweise in Hannover so gemacht, daß wir den Studierenden der Hochschule die Mitgliedschaft eröffnet haben in der Form als außerordentliche Mitglieder. Diese bezahlen nur ein Drittel der Beiträge. Damit ist allerdings noch kein großer Gewinn erzielt, aber es hat sich herausgestellt, daß diese jung eintretenden Mitglieder zunächst weiterzahlende Mitglieder bleiben, und wenn sie später in die verschiedenen Posten und Stellungen eingerückt sind, auch vollzahlende Mitglieder werden. Ich möchte zur Erwägung geben, ob nicht auch bei uns dieser Versuch gemacht werden soll. Dann wäre ein weiterer Weg der, daß

man an den größeren deutschen Orten Vertrauensmänner bekommt, die in ihren Orten neue Mitglieder werben. Es ist außerordentlich schwer, die Erwerbung neuer Mitglieder von der Hauptstelle aus zu betreiben. Es ist der Hauptstelle ganz unmöglich, die nötige Fühlung in allen Orten zu haben. Wenn nun Herren gefunden werden, die bereit sind, für die Interessen der Gesellschaft an verschiedenen Orten zu wirken, so glaube ich, daß das dahin führen wird, daß wir einen ziemlich erheblichen Zuwachs an Mitgliedern bekommen.

Vorsitzender: Ich danke Ihnen, Herr Geheimrat, für Ihre freundlichen Anregungen. Bezüglich des ersten Vorschlags wegen der jüngeren Mitglieder möchte ich anfragen, welche Rechte diese besitzen.

Geheimrat Prof. Dr. Barkhausen: Sie haben kein Stimmrecht in allen finanziellen Fragen, stimmen aber in gewöhnlichen technischen Fragen mit und haben sonst alle Vorteile des Vereins. Ihr Mitgliedsbeitrag ist so bemessen, daß wenigstens die Unkosten herauskommen.

Major v. Parseval: Ich würde für den Vorschlag des Herrn Geheimrat Barkhausen sein, daß der Beitrag durch den Vorstand so festgesetzt werden darf, daß wir durch den Beitrag dieser außerordentlichen Mitglieder einen direkten Verlust nicht erleiden.

Ich bin weiter der Ansicht, daß eine Propaganda für die Gesellschaft dadurch erfolgen könnte, daß wir in den Städten, wo unsere Gesellschaft ohnehin schon Anhänger hat, allgemeine Diskussionsabende veranstalten würden. Bis jetzt ist die Hauptpropaganda unsere Tagung. Wenn wir in kleinerem Maßstab und ohne großen Tamtam solche Diskussionsabende veranstalten würden, so glaube ich, daß dadurch die Gesellschaft bekannter wird und daß auch die interessierten Kreise sich ihr mehr nähern würden.

Prof Dr. Bendemann: Was ich sagen wollte, hat Herr v. Parseval schon ausgesprochen. Ich bin der Meinung, daß gerade in Berlin durch recht häufige Diskussionsabende einerseits der Sache, die wir verfolgen, genützt würde und anderseits dadurch die Gesellschaft gehoben würde.

Prof. Huppert: Es ist mir bekannt, daß ein großer Teil von Herren, die für die Technik besonderes Interesse haben, von der Existenz der Wissenschaftlichen Gesellschaft gar nichts wissen. Es wäre meiner Ansicht nach sehr leicht, diese Kreise zu unserer guten Sache heranzuziehen. Es wäre z. B. nötig, an die Bezirksvereine des Ver. deutsch. Ingenieure heranzutreten in der Weise, daß einmal während des Winters seitens einzelner Herren Vorträge gehalten werden sollten über die Zwecke der Vereinigung selbst. Auch aus Propagandarücksichten könnten solche Vorträge stattfinden. Dann ist besonderer Wert zu legen auf die Lehrkörper der technischen Lehranstalten, die für unsere Einrichtungen ein großes Interesse haben. Die ganze Technik hat heute sich Eingang verschafft in das Lehr- und Unterrichtsgebiet der technischen Mittelschulen. Wenn man an diese Lehrkörper herantreten würde, würde sich ein großer Teil davon dafür interessieren und persönlich in den Verein eintreten.

Dann möchte ich fragen, ob die literarischen Arbeiten, die einzelne Herren in den Unterausschüssen anfertigen, nicht in irgend einer Form den Lehrkörpern der technischen Mittelschulen zugänglich gemacht werden könnten. Wenn diese

finden, daß sie aus diesen Verhandlungen Nutzen ziehen, so glaube ich, daß sie sich ohne weiteres entschließen, der Vereinigung beizutreten. Man könnte das durch kleine Heftchen machen, etwa in der Form der Forschungsarbeiten, wie es vom Verein deutscher Ingenieure geschieht.

Vorsitzender: Wir werden alle die wertvollen Anregungen in der nächsten Vorstandssitzung besprechen und dann sofort in Aktion treten.

Prof. Huppert: Als Unterstützung für den Antrag Barkhausen möchte ich erwähnen, daß die Architekten-Vereinigung einen ähnlichen Weg eingeschlagen hat. Sie haben sogenannte Hospitantengruppen eingerichtet. Diese Hospitanten zahlen einen verhältnismäßig geringen Beitrag in der Voraussicht, daß sie, wenn sie günstiger gestellt sind, dann Mitglied der Vereinigung werden, und auf diese Weise schließlich eine gewisse Kräftigung der Finanzen herbeiführen können.

Geheimrat Hoßfeld: Ich möchte die Anregung geben, bei der nächsten Generalversammlung Anwesenheitslisten auszugeben, wie das bei der Schiffsbautechnischen Gesellschaft der Fall ist.

Vorsitzender: Das soll in Zukunft befolgt werden.

Da das Wort nicht mehr gewünscht wird, so darf ich Ihnen im Namen des Vorstands danken für die wertvollen Anregungen, die Sie uns gegeben haben.

Die technischen Hochschulen im Dienste der Flugtechnik.

Von

Sr. Magnifizenz Prof. **R. Otzen**, Rektor an der Technischen Hochschule Hannover.

Die Kunst des Fliegens, die bedeutendste technische Errungenschaft des letzten Jahrzehnts, verdankt ihr Dasein der Entwicklung technischer Wissenschaft. Die Pflegstätten technischen Wissens sind die Technischen Hochschulen, die, getragen von dem gewaltigen Einfluß der Technik auf das moderne Leben der Menschheit, mit innerer Notwendigkeit zur Auswertung der Erfahrungstatsachen durch wissenschaftliche Behandlung entstehen mußten. Sie bilden den natürlichen Boden, auf dem Luftfahrt und Flugtechnik bei ihrem Weiterstreben nach neuen Leistungen und klarerer Erkenntnis ihrer Gesetze fußen müssen.

An allen technischen Hochschulen bestehen Einrichtungen, Vorlesungen, Laboratorien usw. in größerem und kleinerem Umfange, in verschiedenen Stadien der Entwicklung, je nach Gunst oder Ungunst der örtlichen Verhältnisse. Sie stehen also im Dienste der Flugtechnik. Hier soll nun nicht berichtet werden, was geschah, sondern ich habe mir die Aufgabe gestellt, Richtlinien zu finden für eine gesunde und auf breiter Basis aufbauende Entwicklung in der Zukunft.

Die Luftfahrt wird zwei Aufgaben zu lösen haben; sie muß der Landesverteidigung und dem Verkehr zu dienen suchen. So wie die Dinge jetzt liegen, wird die zweite Lösung aus der ersten folgen, die Aufgabe ist also für uns zunächst einmal eine nationale.

Ich muß nun ausgehen von den Verhältnissen an der Hochschule Hannover, die zu leiten ich zurzeit die Ehre habe. Durch die Wehrvorlage hat Hannover mit einem Schlage einen Flugplatz von hervorragender Bedeutung erhalten. Mit Billigung des Ministers habe ich sofort Beziehungen zu den militärischen Behörden angeknüpft, die eine gemeinsame Arbeit von Militär und Hochschule als sachdienlich anerkannten und jede im Interesse des Dienstes zulässige Förderung zusagten. Die Hochschule wird nun zweierlei zu leisten haben: die unmittelbare wissenschaftliche Vertiefung der auf dem Flugplatz gemachten guten und schlechten Erfahrungen und die Heranbildung von akademisch gebildeten Flugzeugführern und -konstrukteuren.

Um die notwendigen Unterlagen für die wissenschaftliche Verwertung zu erhalten, wird erforderlich sein, daß statistische Aufzeichnungen über alle Vorgänge und Beobachtungen auf dem Flugplatze geführt werden. Diese Aufzeichnungen müßten den in Frage kommenden Dozenten der Hochschule zugänglich sein. Soweit als tunlich, würde die Erlaubnis für Dozenten und Assistenten zur Mitfahrt auf den Flugzeugen und Luftschiffen und zur Anbringung von Kontroll- und Be-

obachtungs-Apparaten gegeben werden müssen. Hierbei könnten Fragen wie: Luftwiderstandsmessungen am fahrenden Luftschiff und Flugzeug, einwandfreie Geschwindigkeits- und Leistungs-Prüfungen des Fahrzeuges in der Luft, Strahlungsversuche, Messungen von Temperatur, von Gas und Luft usw. behandelt werden. In den Kreis der zu studierenden Fragen wäre dann noch zu ziehen: die Ausgestaltung der Wetterstation, Wind- und Böenmessung, Instrumenten- und Materialprüfung. In den Laboratorien der Hochschule würden ferner anzustellen sein: Versuche zur Aufklärung aeromechanischer Vorgänge und zur Erprobung der Motoren und Schrauben, sowie Festigkeitsuntersuchungen an Konstruktionsteilen von Luftfahrzeugen. Anderseits könnte für die Ausbildung der Herren, die sich für das Flugwesen interessieren oder darin tätig sind, an der Technischen Hochschule ein besonderer Lehrplan aufgestellt werden, der folgende Gebiete umfassen würde: Meteorologie, Aeromechanik und -dynamik, Motorenbau, Ausbildung in der Behandlung der Motoren, den Bau starrer Luftschiffe, Bau und Betrieb von Flugzeug- und Luftschiffhallen. Eine weitere äußerst wichtige Frage ist die Ableistung der Dienstpflicht der jungen Ingenieure bei den Fliegertruppen mit besonderen Bedingungen, etwa ähnlich der Dienstpflicht der Ärzte, und die Erwerbung der Mitgliedschaft für das in Aussicht genommene freiwillige Fliegerkorps durch die erprobten älteren Ingenieure.

Um die kurz skizzierten Ziele praktisch zu erreichen, ist in Hannover die Bildung einer Studiengesellschaft geplant, die die Mittel zur Schaffung der ersten Einrichtungen aufbringen soll und deren Unterstützung durch die staatlichen Behörden erhofft wird. Um nun in keiner Weise etwa bestehende Einrichtungen und Interessen zu berühren, habe ich den weitergehenden Gedanken gefaßt, die geplante Gesellschaft der „Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt" anzugliedern, in ihr gewissermaßen eine Zentrale zu schaffen und allmählich in allen Städten, in denen die gleichen günstigen Grundlagen vorhanden sind wie in Hannover, ähnliche Tochtergesellschaften ins Leben zu rufen.

Ich bin der Überzeugung, daß auf diese Weise geistige Interessen und materielle Hilfe in gesteigertem Maße für die großen Aufgaben der Luftfahrt mobil gemacht werden können, und daß die Technischen Hochschulen als Pflegstätten der Wissenschaft gleichzeitig der Entwicklung der Luftfahrt zunächst im rein nationalen patriotischen Sinne in weiterer Folge zum Wohle der gesamten Menschheit mit bestem Erfolge förderlich sein können.

Diesen Gedankengang habe ich die Ehre gehabt Seiner Königlichen Hoheit dem Prinzen Heinrich von Preußen vorzutragen, der meinen Ausführungen zustimmte und veranlaßte, daß dieser Vortrag auf die Tagesordnung der heutigen Sitzung gesetzt wurde.

Über die Aufrechterhaltung des Gleichgewichts beim Vogelflug.

Von

Professor Dr. **Otto Cohnheim**-Hamburg-Eppendorf.

Meine Herren! Wenn ich als Physiologe vor Ihnen über die Mittel spreche, mit denen die Vögel ihr Gleichgewicht beim Fliegen in so vollkommener Weise aufrecht erhalten, so will ich nicht über die mechanischen Faktoren sprechen, die dabei in Betracht kommen, denn davon verstehen Sie mehr als ich. Ich will vielmehr über die Innervation der Bewegungen beim Vogel sprechen, d. h. darüber, wie im Inneren des Körpers unter dem Einfluß des Nervensystems diese Bewegungen zustande kommen.

Unter den Vögeln gibt es bekanntlich Flatterer und Schweber. Die Flatterer, wie die Taube und die Ente, erhalten sich dadurch im Gleichgewicht, daß sie immer gleich stark mit beiden Flügeln schlagen, und die Untersuchungen von W. Trendelenburg[1]) haben ergeben, daß die Innervation der Flügelschläge gleichmäßig, d. h. auf einen Reiz hin für beide Flügel erfolgt. Ganz anders die Schweber, wie die Raubvögel, die Möwen und viele andere. Nach ihrem Muster sind die heutigen Flugzeuge konstruiert worden, die Schwebevögel besitzen jedoch Fähigkeiten, die sie weit über die Flugzeuge erheben:

1. verfügen sie über einen größeren Grad von Kippsicherheit als die besten Flugzeuge, so daß sie auch durch die stärksten Windstöße wohl fortgerissen, nicht aber aus dem Gleichgewicht gebracht werden;

2. vermögen sie sich auf der Stelle zu erhalten und ohne Flügelschlag zu steigen, während das Flugzeug sich nur durch Schnelligkeit in der Luft zu halten vermag.

Über diese letztere Fähigkeit hat es nicht an den verschiedensten Theorien gefehlt; es kann heute keinem Zweifel unterliegen[2]), daß der Vogel sich dabei kleiner Luftströmungen bzw. der aufsteigenden Komponente solcher Luftströmungen bedient. Das Schweben des Vogels ist immer ein Gleitflug unter Benutzung des Auftriebes, nur daß eben ein ganz minimaler Auftrieb dem Vogel genügt. Die Haltung der Flügel, des Schwanzes und des Rumpfes wird, wie bei allen Bewegungen von Tieren, durch Verkürzung und Spannung von Muskeln hervorgerufen, die Muskeln werden vom Nervensystem innerviert, und man hat im allgemeinen geschlossen, daß es beim Vogel nicht anders sei als bei uns. Wir selbst haben ja bekanntlich das Gefühl, wir könnten unsere Skelettmuskulatur willkürlich bewegen,

---

[1]) W. Trendelenburg, Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abt. 1906.

[2]) M. Gildemeister, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 135, 1910.

und man hat sich gesagt, beim Vogel sei es offenbar auch so, der Vogel erfahre durch seine Sinnesorgane von der veränderten Windrichtung und stelle daraufhin willkürlich seine Muskelbewegung und seine Muskelspannung so ein, daß der gewünschte Effekt zustande kommt.

Nun ist die Annahme von der willkürlichen Innervation der Körpermuskeln schon beim Menschen streng genommen falsch. Wir wissen heute durch die Untersuchungen von Sherrington[1]), daß im Rückenmark und den niederen Gehirnteilen eine Anzahl von Bewegungsmechanismen vorgebildet sind, die auf einen bestimmten Reiz hin, reflektorisch nennt das die Physiologie, in Bewegung gesetzt werden. Diese Reflexmechanismen sind so angeordnet, daß die gewohnten Bewegungen der Tiere durch sie hervorgerufen werden, und vom Gehirn her geschieht nichts anderes, als daß ein solcher Reflexmechanismus ausgelöst wird. So hat Sherrington gezeigt, daß das ganze Laufen des Vierfüßlers im Rückenmark vorgebildet ist, und daß daher die normalen Laufbewegungen ausgeführt werden, auch wenn die höheren Hirnteile fehlen.

Was aber die Reflexe betrifft, die der Aufrechterhaltung des Gleichgewichts des Körpers dienen, so sind dieselben in letzter Zeit von R. Magnus-Utrecht[2]) beim Säugetier untersucht und aufgeklärt worden. Die Untersuchungen gehören zu den wichtigsten Errungenschaften der Physiologie in den letzten Jahren, und ich hatte nichts anderes zu tun, als die Magnussche Methodik und Betrachtungsweise auf die Vögel zu übertragen.

Drei Dinge sind es vor allem, die bei diesen Reflexen zur Aufrechterhaltung der Körperhaltung von Interesse auch für den Techniker sind:

1. Es handelt sich zum erheblichen Teil nicht um Bewegungsreflexe, sondern um Spannungsänderungen der Muskeln. Wir wissen ja von uns selbst, daß wir imstande sind, unsere Muskeln einmal länger und kürzer zu machen, zum anderen aber ihnen eine verschiedene Spannung zu geben. Durch Kontraktion des Biceps ohne Spannung können wir den Unterarm zum Oberarm beugen, wir können aber auch den Biceps lediglich spannen, ohne daß überhaupt eine Bewegung ausgeführt wird, und wir können endlich Bewegung und Spannung beliebig kombinieren. Die hier behandelten Gleichgewichtsreflexe sind nun zum erheblichen Teile tonische oder Spannungsreflexe, und ich glaube, daß das für ihre ev. technische Nachahmung von Wichtigkeit ist.

2. Als auslösendes Organ für die Gleichgewichtsreflexe fand Magnus erstens die Bogengänge, die ja schon lange bekannt sind, zweitens aber noch sensible Muskelnerven, die von den Nackenmuskeln herlaufen. Man muß sich das so vorstellen, als ob durch die verschiedene Spannung bestimmter Muskeln Mechanismen ausgelöst oder verhindert werden.

3. Die Gleichgewichtsreflexe verlaufen ohne jede Störung, ja sind sogar viel besser zu beobachten, wenn das Großhirn fehlt. Wir unterscheiden bekanntlich in dem Zentralnervensystem der höheren Tiere zwei Teile. Auf der einen Seite stehen Rückenmark, verlängertes Mark und die niederen Hirnteile, und das Ge-

[1]) C. S. Sherrington, Integrative Action of nervous System. London 1908.

[2]) R. Magnus und A. de Kleijn, Pflügers Archiv f. die gesamte Physiologie, Bd. 145, 147 und 154; 1912 und 1913.

schehen in ihnen erfolgt prinzipiell nicht anders als in den allereinfachsten Nervensystemen der einfachsten Tiere, d. h. es lassen sich alle Vorgänge in letzter Linie auf eine Summe von Reflexen zurückführen. Dem gegenüber steht als anderer Teil des Zentralnervensystems das Großhirn, von dem wir beim Menschen wissen, daß es der Sitz des Bewußtseins aller psychischen Vorgänge und alles Willkürlichen ist, und bei dem wir auch für die höheren Tiere annehmen müssen, daß das Geschehen in ihm einstweilen nicht aufzuklären ist.

Bei Säugetieren ist der deutlichste Reflex zur Aufrechterhaltung des Körpergleichgewichts nach den Untersuchungen von Magnus der folgende:

Dreht oder wendet man den Kopf nach der einen Seite hin, so wird das Bein, nach dem hin die Schnauze gerichtet ist, steif, das Bein auf der Seite des Hinterhaupts wird locker. Dadurch wird offenbar das Gleichgewicht des Körpers wiederhergestellt, das durch die Drehung oder Wendung des Kopfes ja verschoben ist; der nach der Seite verschobene Schwerpunkt wird unterstützt.

Ich möchte Ihnen an einer Taube und einer Möwe, die ich des Großhirns beraubt habe, einige der Reflexe zeigen, mit denen diese Vögel ihr Gleichgewicht aufrecht erhalten, und die sich leicht auch einem größeren Kreise demonstrieren lassen. Ausgeführt habe ich die Enthirnung der Tiere in der hiesigen Frauenklinik, und ich möchte deren Direktor, Herrn Medizinalrat Kehrer, sowie Herrn Dr. Reinhardt und Herrn Dr. Lahm herzlichst für ihre freundliche Unterstützung danken.

An der Taube sehen Sie folgendes: Ich nehme das Tier mit geschlossenen Flügeln in die Hand und drehe den Rumpf in der Sagittalebene nach rechts und links. Dann wird der Kopf immer gerade gehalten, auf jede Veränderung der Rumpfstellung bewegt sich der Kopf in umgekehrter Richtung. Weiterhin bewege ich den Körper der Taube um eine frontale Achse, mache also Hebungen und Senkungen des Vorderteils. Auf jede Hebung des Vorderteils klappt der Schwanz nach unten, auf jede Senkung nach oben; endlich breite ich die Flügel der Taube aus und blase von unten her gegen den rechten Flügel. Dann tritt nicht nur eine stärkere Anspannung des betr. Flügels ein, sondern auch der Schwanz und der linke Flügel werden etwas gehoben.

An der Möwe läßt sich folgendes demonstrieren: Ich nehme zunächst das Tier mit geschlossenen Flügeln in die Hand und senke das Vorderteil. Darauf werden die Schwanzfedern gespreizt. Alsdann senke ich das Tier mit dem Kopf noch etwas stärker, und darauf werden die Flügel teilweise ausgebreitet. Wenn ich endlich das Tier mit halbausgebreiteten Flügeln mit der einen oder anderen Seite hebe oder senke, so wird der eine Flügel angezogen, der andere mehr ausgebreitet. Diese letzteren Bewegungen darf man allerdings nur ganz schwach machen, da man sonst leicht ein Flügelschlagen hervorruft, das ja eben auch ein Reflex zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichtes ist.

Die Tiere, die ich Ihnen hier demonstriert habe, sind des Großhirns beraubt, der komplizierteste Teil des Nervensystems fehlt ihnen also. Das, was zurückbleibt, Rückenmark und niedrigere Teile, ist auch noch recht kompliziert, und die Innervation der Flugreflexe ist beim Vogel noch längst nicht aufgeklärt. Es handelt sich aber sicher um Vorgänge, die aufklärbar sind und hoffentlich in nicht allzu ferner Zeit

aufgeklärt werden. Diejenigen Fähigkeiten, die das des Großhirns beraubte Tier noch besitzt, lassen sich schließlich technisch nachahmen, und es muß daher, das scheint mir das prinzipiell Wichtige bei diesen Reflexen zu sein, möglich sein, in der Nachahmung des Vogelfluges noch sehr viel weiter zu kommen, als wir heute sind.

Diskussion.

Professor Dr. **Friedländer**-Hohe Mark:

Die außerordentlich interessanten Versuche, welche uns Herr Cohnheim vorgeführt hat, sind von besonderer Bedeutung:

1. gewähren sie uns Ausblicke in die Zukunft; es wird, wie der Vortragende ausgeführt hat, vielleicht möglich werden, daß die Techniker Mittel finden, die automatischen Bewegungen, wie wir sie an den enthirnten Tieren sahen, nachzuahmen;

2. sehe ich in den Ausführungen Cohnheims eine Bestätigung jener wichtigen Momente, auf welche ich wiederholt hinwies, und welche von den Fliegern wie von ihren Begleitern und Beobachtern ebenfalls mehr und mehr in ihrer Bedeutung erkannt werden. Es gibt Flieger, die für die bezüglichen Leistungen geboren sind; bei diesen müssen wir annehmen, auch wenn wir dies durch unsere heutigen Untersuchungsmethoden noch nicht nachweisen können, daß die reflektorischen und automatischen Bewegungen, daß ihre „Gleichgewichtsseele" ähnlich, wenn auch in geringerem Grade, ausgebildet ist wie bei den Vögeln. Flieger, welche bei ihren ersten Flügen zeigen, daß sie vermöge der Empfindungen, die ihnen der Instinkt vermittelt, ein besonderes Gleichgewichtsgefühl besitzen, werden die meiste Aussicht haben, späterhin gute und zuverlässige Flugleistungen zu vollführen, und diejenigen, deren automatische Apparate mehr oder minder bewußt dem Willen gehorchen lernen, werden Flugkünstler im wahren Sinne des Wortes sein.

Professor **Junkers**-Aachen:

Ich wollte mir eine Anfrage erlauben, die eigentlich nicht das Vortragsthema direkt berührt, sondern nur im Zusammenhang damit steht. Der Herr Vortragende hat ausgeführt, daß die Reflexe vom Bogengangapparat beeinflußt werden. Nun ist das eine Röhre oder ein gekrümmtes Gefäß, das eine Flüssigkeit enthält und je nach der Lage des betreffenden Körpers die Flüssigkeit in eine Reflexstellung zu dem Körper bringt und dadurch gewisse Reflexionen auslöst. Eine derartige Einrichtung wäre nichts anderes als ein Pendel. Es ist bekannt, daß ein Pendel auf Flugzeugen nicht der Schwerkraft in dem Sinne unterworfen ist, wie es bei Körpern der Fall ist, die auf der Erde stillstehen. Herr Professor Prandtl hat selbst in den letzten Jahren in der Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt diese Eigenschaft der Pendel auf beweglichen Körpern nachgewiesen.

Es könnte also doch wohl für eine Lagenänderung dann der Bogengangapparat nicht in Frage kommen, wie es mir scheint. Es müßten dann noch andere Vorrichtungen in dem Körper sich befinden, die eine Änderung der Lage eines Vogelkörpers im Raume anzunehmen vermögen. In dieser Weise wollte ich an den Herrn Vortragenden eine Anfrage richten, ob er darüber vielleicht Auskunft geben könnte.

Vorsitzender, Professor Dr. **Prandtl**-Göttingen:

Vielleicht darf ich hier selbst sagen, daß die Wirkung des Pendels nicht völlig ausgeschaltet ist bei einem fliegenden Körper, sondern nur modifiziert. Was ich damals — es war vor 4 Jahren — in einem Einleitungsartikel unseres jetzigen Organs, der Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt, näher auseinandergesetzt habe, betraf den speziellen Fall, daß die Tragfläche des Flugzeugs aus einer einzigen ebenen Fläche besteht. Wenn es sich nicht um eine einfache ebene Fläche handelt, hat das Pendel immer einen Einfluß, und da werden die Bogengänge auch einen Einfluß haben. Es läßt sich ja wohl feststellen: man hat wohl schon Versuche gemacht mit Flugtieren, die des Bogenganges beraubt waren?

Professor Dr. **Cohnheim**-Hamburg:

Die Tauben sind nach Entfernung der Labyrinthe nicht imstande, das Gleichgewicht aufrecht zu erhalten. Bei den Säugetieren ist es klar, daß die Bogengänge zunächst von der Haltung des Kopfes zum Raume abhängen. Die Bogengänge verhalten sich insofern vielleicht noch etwas anders als ein Pendel, als nicht das stabile Stehen der Flüssigkeit in den Bogengängen als Erregung wirkt, sondern ihre Bewegung. Nur wenn die Bewegung einsetzt, kommt es zu einer Reizung, wenn Ruhe eingetreten ist, nicht.

Baumeister **Lilienthal**-Berlin:

Ich bin speziell wegen dieses Vortrages hierher gekommen, weil ich es mit Freude begrüßt habe, daß die Wissenschaft sich auch diese physiologischen Versuche dienstbar macht.

Ich möchte in bezug auf den Vortrag mir einiges zu sagen erlauben. Herr Professor Cohnheim hat in der Einleitung ausgeführt, daß der Vogel nicht nur langsam fliegen, sondern auch stillstehen kann. Das ist nur scheinbar. Der Vogel fliegt relativ zur Luft immer mit annähernd gleicher Geschwindigkeit vorwärts, er steht also nicht still. Der Falke steht gegen den Wind, aber von einem Stillstehen relativ zur Luft kann sicher nicht die Rede sein; auch der Königsfischer und die Lerche fliegen vorwärts, wenn sie still zu stehen scheinen.

Dann muß ich dem entgegentreten, daß durch Darwin die Vibrationstheorie für den Segelflug aufgestellt worden wäre. Darwin hat ganz speziell hervorgehoben in seinem Werk „Reisen eines Naturforschers", worin er den Flug der Kondore beschreibt, daß „von einem Zittern der Flügel nicht die Rede sein kann, sonst müßten die Konturen der Flügel verwischt erscheinen. Dies ist nicht der Fall, sondern sie heben sich vollständig klar und scharf gegen den blauen Himmel ab. Es muß also etwas anderes der Grund sein für dieses Segeln".

Daß nun die Tätigkeit des kleinen Hirns die Gleichgewichtserhaltung hervorbringt, ist eine sehr interessante physiologische Tatsache, sie darf nur nicht ver-

allgemeinert werden. Ich glaube nicht, daß, was einer der Herren Vorredner hervorhob, nur speziell befähigte Personen imstande wären, die Gleichgewichtserhaltung zu erlernen. Durch Übung kann das Gefühl für das Gleichgewicht wohl bei jedem gesteigert werden, bis die erforderlichen Bewegungen unwillkürlich ausgeführt werden. Mir war es ganz besonders interessant, durch die Vorführungen des Herrn Professor Cohnheim zu sehen, daß der Vogel bei einer Senkung vorn die Flügel nach vorn stellt. Viele Herren wissen, daß ich seit Jahren dafür plädiere, die Flugzeuge mit beweglichen Flügeln herzustellen, so daß man die Flügel nach vorwärts schrauben kann. Dann ist das Flugzeug jedenfalls imstande, die Lage des Druckpunktes des Luftwiderstandes mit der Lage des Schwerpunktes in Einklang zu bringen, wie es die Ausführungen Professor Cohnheims an den des Hirnes beraubten Tieren recht deutlich zeigen. Auch die Bewegungen des Schwanzes als Höhensteuer ist ein ganz interessanter Vorgang. Durch das Vorwärtsstellen der Flügel hat der Vogel aber das wirksamste Mittel, sein Gleichgewicht zu erhalten. Die Verdrehung der Flügel wirkt hierbei auch noch mit. Auch der des Schwanzes beraubte Vogel kann auch mit den Schwingen allein schon sein Gleichgewicht erhalten und seine Richtung bewahren. Die Gleichgewichtserhaltung des Vogels ist noch vielseitiger, als aus dem Vortrag des Herrn Professor Cohnheim zu sehen war, und unsern Drachenfliegern weit überlegen.

Vorsitzender, Professor Dr. **Prandtl**-Göttingen:

Ich möchte da eine kleine Bemerkung machen: Es ist selbstverständlich, daß wir vom Vogel noch sehr viel lernen können. Wenn wir einstweilen nur starre Aeroplane bauen, so liegt das hauptsächlich an den großen technischen Schwierigkeiten, die Kräfte aufzubringen, die nötig wären, um die Flügel während des Fluges zu verschieben.

Ich möchte ferner noch darauf hinweisen, daß man solche Tiere auch im künstlichen Luftstrom untersuchen sollte. Wir haben in Göttingen einen solchen Luftstrom. Vielleicht hat Herr Professor Cohnheim einmal Lust, solche Versuche bei uns zu machen. Ich möchte ihn hier dazu einladen.

Prof. Dr. **Bendemann**-Adlershof:

Ich möchte nur kurz fragen, ob unter den Organen, die als Gleichgewichtsorgane im Körper in Betracht kommen, nicht vielleicht auch der Magen eine wichtige Rolle spielt. Ich habe neulich auf einer Seereise die Feststellung gemacht, daß der Magen ein merkwürdig empfindliches Gleichgewichtsorgan im menschlichen Körper ist (Heiterkeit), und daß er auf Beschleunigungen in verschiedenen Richtungen ganz verschiedenartig reagiert. In der Richtung der Längsachse des Körpers ist er sehr empfindlich, hingegen bei mir gar nicht in Richtung der Querachse. Eigentümlich ist auch, daß viele Menschen gegen das Rückwärtsfahren in der Eisenbahn sehr empfindlich sind, und zwar ganz mechanisch, auch wenn sie es gar nicht wissen, daß sie rückwärts fahren. Das ist mechanisch sehr merkwürdig. Denn während der im ganzen doch gleichförmigen Fahrt eines Eisenbahnzuges wechseln die kleinen Beschleunigungsstöße vorwärts und rückwärts beständig miteinander ab, so daß es ganz gleichgültig sein müßte, ob man vorwärts oder rück-

wärts sitzt. Vielleicht streift der Herr Vortragende im Schlußwort auch noch die Frage, ob hierüber irgendwelche physiologischen Aufschlüsse zu geben sind.

Professor Dr. **Cohnheim**-Hamburg:

Ich möchte zunächst auf das eingehen, was Herr Friedländer sagte. Heute ist es zweifellos so, daß das Fliegen mit davon abhängt, wie weit die Gleichgewichtsorgane des Fliegers entwickelt sind. Wo ich hinaus wollte, war dies, daß ich hoffe, daß es der Technik gelingt, den Menschen dahin zu bringen, daß er den Vogel nachahmen kann, indem sein Flugzeug die Gleichgewichtsaufrechterhaltung durch mechanische Mittel selbst übernimmt.

Dann zu den Bemerkungen des Herrn Lilienthal. Es ist richtig, der Vogel hält nicht still, sondern er bewegt sich relativ zur Luft immer vorwärts. Er kann sich gegen einen schwachen Wind vorwärts bewegen, und kommt dann gegen den Boden nur langsam vorwärts oder er kann gegen einen stärkeren Wind fliegen und steht dann relativ zum Boden still.

Was die Anfrage des Herrn Professor Bendemann betrifft, so liegen hierüber aus allerjüngster Zeit Untersuchungen von Bruns-Marburg vor. Der Magen hat mit dem Gleichgewicht gar nichts zu tun; es sind immer die Bogengänge. Von denen hängt es ab, daß bei den verschiedenen Kopfhaltungen der Körper in der richtigen Weise wieder eingestellt wird. Wenn wir für gewöhnlich eine Bewegung ausführen, so trifft gleichzeitig vom Bogengangapparat und von den Muskeln eine Meldung ein. Das Zentralnervensystem ist so eingestellt, daß diese beiden Meldungen gleichzeitig entgegengenommen werden. Tritt nun eine passive Bewegung ein, d. h. wird eine Muskelbewegung nicht gleichzeitig gemacht, so entsteht im Zentralorgan ein ungewohnter Zustand, der häufig Störungen hervorruft, die durch den vom Gehirn zum Magen laufenden Nerven auf diesen übertragen werden.

Über eine Versuchseinrichtung zur kinematographischen Messung der Schwingungen freifliegender Modelle.

Von

Dipl.-Ing. H. G. Bader, Ingenieur beim Stabe des Fliegerbataillons 4, Straßburg i. E.

Ohne die Lage ihrer Symmetrieebene zu ändern, sind Flugzeuge zweier Schwingungen fähig. Dabei erscheinen von den drei Veränderlichen, die zur Kennzeichnung einer zweidimensionalen Bewegung hinreichen und deren Wahl am besten Richtung und Größe der Geschwindigkeit, sowie Lage des Flugzeugs gegenüber der augenblicklichen Flugrichtung, trifft, jeweils nur zwei von ausgezeichneter Bedeutung. Einmal sind Richtungsänderungen der Geschwindigkeit mit Lagenänderungen, dann mit Größenänderungen der Geschwindigkeit verbunden. Die erste Schwingungsart besitzt fast durchweg geringere Dauer als die zweite, und eine ohne weiteres hervorragende Dämpfung. Hingegen ist die zweite, deren Dauer ohne Unterschied der Bauart allein der Geschwindigkeit proportional ist, durch eine in sehr weiten Grenzen veränderliche Dämpfung gekennzeichnet, die sogar leicht negative Beträge annimmt; selbst, wenn die „statische" Längsstabilität durchaus sichergestellt ist.

Die Schwingungsmessung hat demnach in erster Linie auf die Ermittlung der Dämpfung der Schwerpunktsschwingung hinzuzielen. Die Drehungsschwingung wird nur berücksichtigt, insoweit sie diese Dämpfungsmessung gefährdet.

Grundriß der Versuchseinrichtung.

Um die Bewegungen eines Modells zu messen, kann ausschließlich die Kinematographie in Frage kommen. Die Verhältnisse liegen mechanisch recht günstig. Für eine Flugzeuggeschwindigkeit v von 28 m/sec beträgt die Schwerpunktsschwingungsdauer:

$$T = \sqrt{2} \cdot \pi \cdot \frac{v}{g} \cong 12 \text{ sec.}$$

also für ein Modell von $^1/_{10}$ natürlicher Größe $12/\sqrt{10} \cong 4$ sec. Die Festigkeit des Films und des Greiferantriebs gestattet bis zu 25 Bilder pro Sekunde aufzunehmen; während einer Schwingungsperiode des Modells können also 100 Expositionen stattfinden. Die optischen Beziehungen schränken den Versuchsbereich jedoch stark ein. Da man angewiesen ist, das Modell von einem festen Punkt aus zu verfolgen, verkürzt sich durch Lage und Entfernung im Bild der Abstand der beiden Punkte, deren Ortsveränderung, gemäß den drei Freiheitsgraden, die Bewegung des Modells eindeutig wiedergibt. Bezeichnet d diesen Abstand, α die Richtung der optischen Achse des Kinematographen gegenüber der Normalen zur Flugbahn-

ebene, e deren Entfernung von der Linse, f die Brennweite, so ist die Bildgröße (für große Werte e):

$$d \cdot \cos^2 \alpha \cdot \frac{f}{e}.$$

Die Schwankungen der Bildgröße betragen bei einem Bestreichungswinkel $2\,\alpha_{max}$ von 45°, 60°, 90°; ± 9, ± 17, ± 50 %. Um die Versuchsdauer nicht zu sehr herabzusetzen, wird 60° gewählt. Damit das Bild im Rahmen einige Bewegungsfreiheit

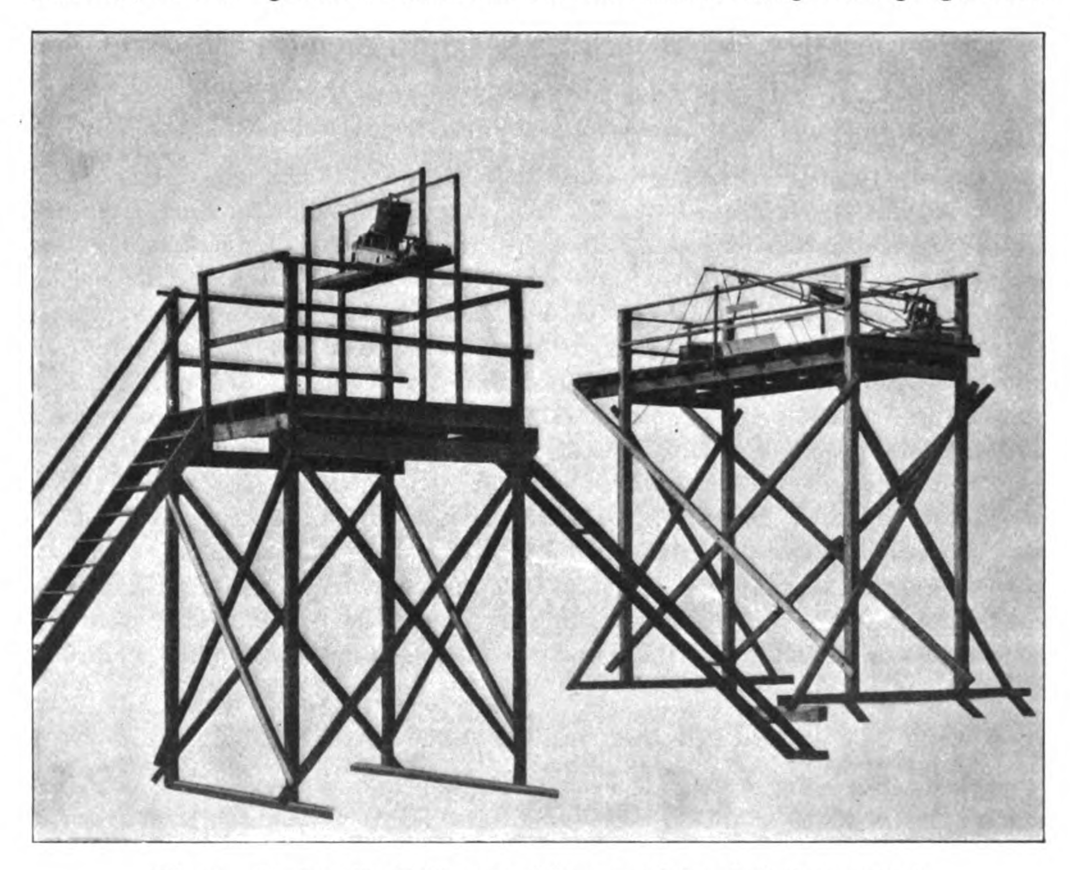


Fig. 1. Gerüste für die Startvorrichtung und den Aufnahmeapparat.

besitzt, soll, da das Filmformat 18×24 mm² beträgt, die Bildgröße 8 mm nicht übersteigen. Die kurze Belichtungsdauer, die die Aufnahme schneller Bewegungen erfordert, erlaubt nicht, bei mäßigem Gewicht des Apparates, Objektive mit über 180 mm Brennweite zu verwenden. Mit d = 0,60 m wird

$$e = 0{,}60 \cdot \frac{180}{8} = 13{,}5 \text{ m}.$$

Die Länge der Beobachtungsstrecke ist also etwa $\frac{e}{\cos 30^0} \cong 25^1/_2$ m, während die Länge einer Periode für das Modell von $^1/_{10}$ nat. Gr. im Raum beträgt:

$$\frac{T \cdot v}{10} = \sqrt{2} \cdot \pi \cdot \frac{v^2}{g} \cdot \frac{1}{10} \cong 35 \text{ m}.$$

Also selbst wenn es gelingt, die Geschwindigkeit des Modells, dessen Gewicht wegen der erforderlichen Formfestigkeit das „ähnliche" wirklicher Flugzeuge keinesfalls unterschreitet, durch Erreichung eines ungewöhnlich hohen Auftriebskoeffizienten herabzusetzen, kann man nur etwa eine halbe Periode aufnehmen.

Die Versuchseinrichtung.

Um dem Modell bei gesicherter Lage die erforderliche Geschwindigkeit zu erteilen, wird es auf einem Wagen gelagert. Die Spurweite beträgt etwa ein Drittel der Breite des Tragflügels. Der Achsabstand hat der Länge des Modells zu ent-

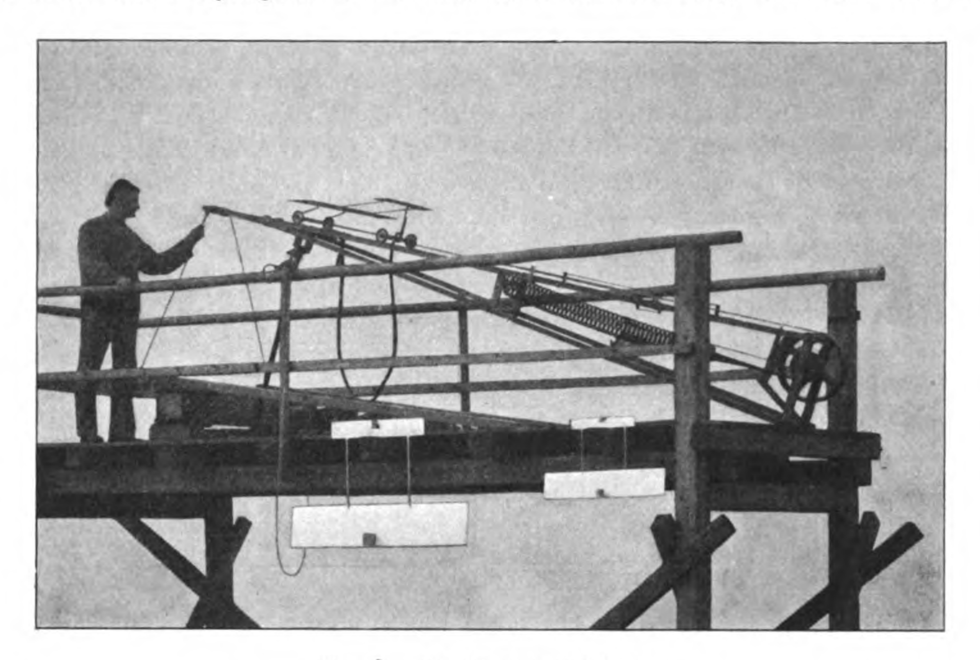


Fig. 2. Die Startvorrichtung.

sprechen und wird gleich der doppelten Spurweite (2 · 350 = 700 mm) gewählt. Als Schienen dienen zwei nach oben offene U-Eisen (N. P. 3), auf deren äußeren Innenkanten die Räder (Spurkränze innen) laufen. Die gewöhnliche Kalibrierung (Kirchberg: Grundzüge der Walzenkalibrierung. 1905, S. 73) leistet für ruhigen Lauf ohne weitere Bearbeitung Gewähr. Immerhin wurde den Rädern 84 mm Laufkreisdurchmesser gegeben bei 96 mm äußerem Durchmesser der Spurkränze. Die Startbahn hat 4500 mm Länge. Durch die Wagenlänge und kleine Sicherheitsstrecken von je 150 mm an Anfang und Ende wird die gesamte Beschleunigungs- und Bremsstrecke auf 3500 mm festgelegt. Die Beschleunigung wird mittelbar durch eine Schraubenfeder bewirkt. Soll der höchste Betrag der Beschleunigung gleich der unveränderlichen Verzögerung durch eine Bremse sein, so ergibt sich unter der Voraussetzung, daß die Massenverminderung durch die Ablösung des Modells vom Wagen 15 % betrage, die Größe der Bremsstrecke s aus

$$s = \frac{0{,}85}{2} (3500 - s) = 1040 \text{ m}.$$

Die ursprüngliche Absicht, mit einem gewöhnlichen Riementrieb, dessen ziehendes Stück den Schienen parallel läuft und mit dem Wagen verbunden ist, zu arbeiten, läßt sich nicht verwirklichen. Wiewohl die Spannung nach dem Einbau von Kugellagern in die Laufbüchsen durch Verkürzung des Riemens mittels der am Wagen befestigten Klemme ganz ungewöhnlich gesteigert werden kann, kommt der unter Last zunächst ruhende Riemen ins Schlüpfen, und wenn diese Schlüpfgeschwindigkeit bestenfalls nicht mehr als einige Millimeter pro Sekunde beträgt, kann doch in der Zeit zwischen Spannungsvorgang und Start eine Antriebsminderung eintreten, die eine allzu beträchtliche Amplitude der Modellschwingung zur Folge hat. So muß denn das bei einer Beschleunigung ziehende Trum an der Antriebsscheibe befestigt und das gezogene beseitigt werden. Infolgedessen kann die an der berechneten Stelle vom Wagen mittels Exzenter ausgelöste, auf die Antriebsscheibe einfallende Backenbremse nicht mehr zugleich den Wagen selbst verzögern. Um indessen die der Beschleunigung unterworfene Masse nicht noch zu erhöhen, soll die Verzögerung des Wagens durch eine während des Starts ruhende Bremse bewirkt werden. Zwei gegen die U-Schienen-Innenseiten durch Federn gepreßte, an ihnen geführte Eichenholzklötze werden mittels des freien Endes des an der Wagenvorderachse festgeklemmten Riemens kurz nach der Auslösung der Radbremse plötzlich mitgeschleppt. Der Stoß wird durch die Elastizität des Riemens selbst und eine am Angriffspunkt zwischengeschaltete Feder herabgesetzt. Dennoch ist die Verzögerung des Wagens so stark, daß sich die Hinterachse, die nicht auch am Riemen befestigt werden kann, von den Schienen abhebt. (Da der Schwerpunkt etwa 15 mm über dem Riemenangriffspunkt und rund 300 mm hinter der Vorderachse liegt, beträgt die Verzögerung mehr als das Zwanzigfache der Erdbeschleunigung.) Durch Flacheisen, die an den U-Schienen befestigt werden und über die Achsstummel des Wagens übergreifen, gelingt es, dem Abheben vorzubeugen.

Um die Stärke der Antriebsfeder zu berechnen, muß die Masse, der die Modellgeschwindigkeit zu erteilen ist, bekannt sein. Durch Pendelversuche wurde das Trägheitsmoment jedes der beiden auf einer Laufbüchse aufgekeilten Räder bestimmt, deren größeres (400 mm Durchmesser, 6,08 kg Gewicht) den am Wagen befestigten Riemen aufwickelt unter der Wirkung des Zugs, den die Feder mittels eines stärkeren Riemens auf den Umfang des kleineren (150 mm Durchmesser, 4,67 kg Gewicht) äußert. Es ergeben sich die Trägheitsradien zu 15,2 mm bzw. 5,5 mm, und damit die auf Wagenweg reduzierten Gewichte zu $6{,}08 \cdot \left(\frac{152}{200}\right)^2 = 3{,}5$ kg bzw. $4{,}65 \cdot \left(\frac{55}{200}\right)^2 = 0{,}35$ kg. Der Wagen selbst wiegt 4,55 kg, der Riemen bis zur Klemme 0,75 kg und das Modell eines Eindeckers von 650 kg Dienstgewicht bei $^1/_{10}$ natürlicher Größe $650/1000 = 0{,}65$ kg. Das gesamte auf Wagenweg reduzierte Gewicht ist somit rund: $3{,}50 + 0{,}35 + 4{,}55 + 0{,}75 + 0{,}65 = 9{,}8$ kg.

Die ähnliche Geschwindigkeit eines Modells von $^1/_{10}$ natürlicher Größe ist etwa $30 : \sqrt{10} \cong 10$ m/sec. Als Beschleunigungsarbeit sind also erforderlich für einen Geschwindigkeitsüberschuß von 10%, entsprechend einer Amplitude der Schwerpunktsschwingung von 1 m,

$$9{,}8 \cdot \frac{10^2}{2\,g}(1 + 0{,}1)^2 = 60 \text{ mkg.}$$

Die größte Dehnung der Feder ist durch das Verhältnis der beiden mittleren Radumfänge und den Beschleunigungsweg bestimmt:

$$2{,}5 \cdot \frac{160}{405} \cong 1 \text{ m.}$$

Die größte Federkraft bei einem Wirkungsgrad des Getriebes von 80 % ergibt sich zu

$$2 \cdot \frac{60}{0{,}80} = 150 \text{ kg.}$$

Sie wird geliefert von einer zylindrischen Schraubenfeder mit 11 mm Draht- und 130 mm Wicklungs-Durchmesser bei einer zulässigen Drehungsbeanspruchung von 4500 kg/cm. Die erforderliche Dehnung entspricht etwa 45 Windungen. (Ausführung: Sächsische Gußstahlfabrik Döhlen bei Dresden.) In der höchsten Stellung ist danach der Wagen mit 150/2,5 = 60 kg festzuhalten. In der Hinterachse des Wagens wird zu dem Zweck ein 3-mm-Stahldraht durch eine konische Schraube mit Mutter festgepreßt, während das freie Drahtende in einen kurzen, oben offenen Schlitz eines (um eine horizontale, zur Fahrtrichtung senkrechte Achse drehbaren) kurzen vertikalen Hebels zu liegen kommt und auf ihn mittels Anschlag die Riemenspannung überträgt. Durch ein Hebelsystem wird diese Zugkraft auf 1 bis 3 % ihres Wertes reduziert, so daß die Auslösung durch eine kleine Magnetspule mit beweglichem Kern besorgt werden kann. Nach Messungen beträgt die auf Wagenweg bezogene Federkraft 28 kg/m. Die Startdauer müßte ein Viertel der Periode einer harmonischen Schwingung mit einer Masse $C_0 = \frac{9{,}8}{g} = 1 \text{ kg m}^{-1}\text{sec}^2$ und einer elastischen Kraft $E_0 = 28 \text{ kg m}^{-1}$, also:

$$\frac{2\pi}{4} \cdot \sqrt{\frac{C_0}{E_0}} = 0{,}296 \cong 0{,}3 \text{ sec}$$

betragen. Indessen zeigt der Chronograph, daß zwischen Auslösung und Durchgang des Wagens durch den Bremspunkt im Mittel 0,45 sec verstreichen (Mittel aus 5 Versuchen mit Einzelergebnissen: 0,480; 0,462; 0,456; 0,438; 0,425). Die beträchtliche Abweichung vom theoretischen Ergebnis ist der Auslösvorrichtung zuzuschreiben. Denn, wenn auch wegen der geringen Formänderungsgeschwindigkeit des Riemens der Bremspunkt, an dem der Wagen den Kontakt schließt, nicht genau mit dem Nullpunkt der elastischen Kraft identifiziert werden kann, so ist dieser Fehler doch unerheblich, da die Geschwindigkeit groß ist.

Die Startgeschwindigkeit ergibt sich bei einem Wirkungsgrad η als Funktion der Auslenkung x (Abstand des Wagens vom Bremspunkt vor der Auslösung) aus der Energiegleichung:

$$C_0 \cdot \frac{v^2}{2} = \eta \cdot E_0 \cdot \frac{x^2}{2} \qquad v = \sqrt{28 \cdot \eta} \cdot x.$$

Mit einem Wirkungsgrad von 80 %:

$$v = 4{,}73 \cdot x.$$

Das Modell liegt mit der Tragflügelhinterkante auf zwei an der Hinterachse des Wagens festen Stützen und mit der Kopfflosse auf einem horizontalen Draht.

Die Stütze, an der dieser befestigt ist, ist um eine den Wagenachsen parallele Achse drehbar; vor dem Start und während der Beschleunigung liegt sie gegen einen an der Vorderachse angeschraubten Anschlag und schlägt nach vorne herunter sowie die Verzögerung des Wagens einsetzt, so daß das Modell freie Bahn findet. Es ist darauf zu achten, daß der Stützdraht in oder vor der zu den Schienen senkrechten Ebene durch die Drehachse der Stütze liegt, damit das Modell beim Umschlagen der Klappe keinen Stoß nach oben empfängt.

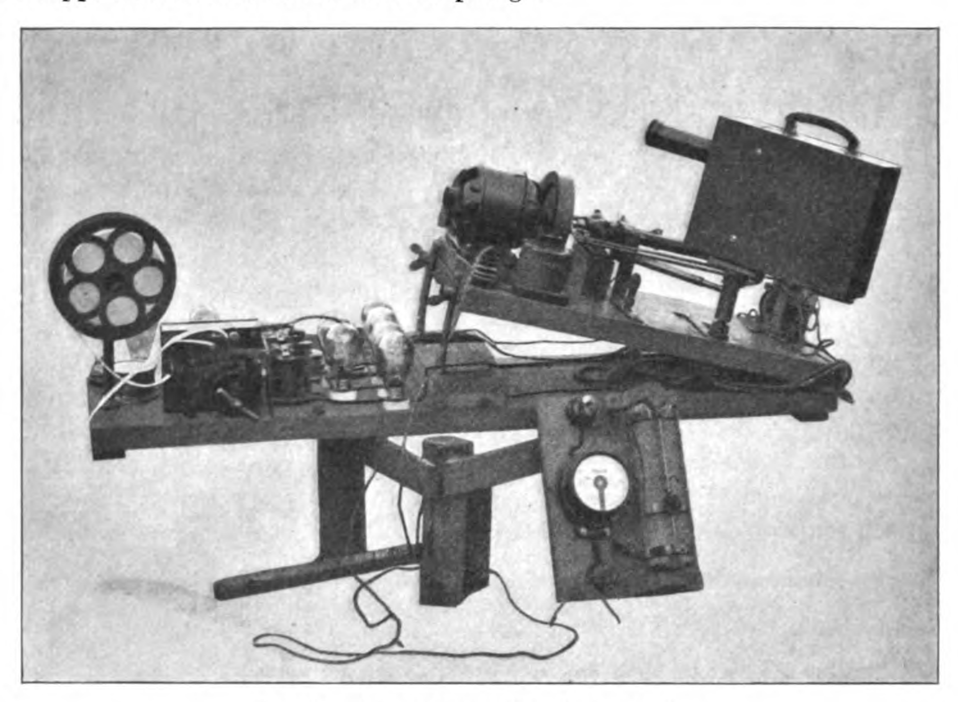


Fig. 3. Kinematograph mit Apparatur.

Bildwechsel des Kinematographen und Richtungsänderung seiner optischen Achse werden durch einen Gleichstrom-Nebenschlußmotor von $^1/_6$ PS besorgt. Der Motor ist durch einen lösbaren Stift direkt gekuppelt mit einer Spindel, die auf 250 mm Länge einzölliges Gewinde trägt (8 Gänge pro Zoll). Eine gegen Drehung gesicherte Mutter, die über die glatte Spindel auf das Gewinde geschoben wird, eilt bei einer Drehzahl von 2000 U. p. M. mit einer Geschwindigkeit von etwa 4 Zoll pro Sekunde über dasselbe hinweg. An der Mutter ist eine Stahlfeder befestigt, die an bestimmter Stelle des Wegs über einen Anschlagstift einen Stromkreis schließt. Zur genauen Messung der Translationsgeschwindigkeit der Mutter mittels eines Chronographen haben zwei Anschläge in möglichst großem Abstand (rund 220 mm) gedient. Bei mäßigen Schwankungen der Spannung P an den Klemmen des Motors beträgt die Geschwindigkeit $0{,}481 \cdot P$ mm/sec. Die Mutter steht durch einen vorragenden vertikalen Stift in Verbindung mit einer zylindrischen Hülse, die auf einer zur Drehachse des Kinematographen senkrechten mit ihm fest verbundenen Stange gleitet. Das Modell bleibt im Bildfeld des Aufnahmeapparats, wenn man den Abstand seiner Drehachse von der Achse der Schraubenspindel so einstellt, daß er gleich

dem im Verhältnis von Mutter- und Modellgeschwindigkeit reduzierten Abstand der Drehachse von der Flugebene ist. Diese Überlegung dient indessen nur als erster Anhalt für die Einstellung. Der Flugebene parallel in einem Abstand von 1050 mm ist in der von der optischen Achse des Kinematographen bestrichenen Ebene ein Meßdraht gespannt, der der genauen Ortsbestimmung des Modells aus den Kinematogrammen dienen soll, jedoch schon bei der Einstellung zum Versuch zu verwenden ist. Er trägt, mit dem weichen Draht selbst eingeknotet, von Meter zu Meter kleine weiße Bandfahnen. Man visiert nun durch den Kinematographen, bevor Kassette und Film eingeführt werden, zwei Fahnen im Abstand von 15 m (wie es der Versuchsstrecke entspricht) an und bestimmt mit Hilfe der schon erwähnten Anschläge den Weg w, den die Mutter zwischen den beiden Stellungen der optischen Achse zurücklegt. Dann sei, da der Abstand der Drehachse von der Flugebene 12450 mm ist, etwa

$$w = \frac{0{,}481 \cdot P}{v} \cdot 15 \cdot \frac{12\,450}{12\,450 + 1050} = 6{,}64 \cdot \frac{P}{v}\ \text{mm}.$$

Man stellt den Achsenabstand näherungsweise ein und bestimmt dann rückwärts aus der gemessenen Strecke w die Klemmenspannung, die durch den vorgeschalteten Widerstand zu regeln ist. Mit der Muttergeschwindigkeit 0,481 · P mm/sec und der Startdauer 0,45 sec ergibt sich die erforderliche Entfernung des Anschlags, durch den der Stromkreis der magnetischen Startauslösung geschlossen wird, von der Stellung der Mutter, bei der die optische Achse auf den Bremspunkt des Wagens gerichtet ist.

Der Motor treibt ferner durch Lederschnüre das Bildwechselgetriebe des Kinematographen. Durch eine Kontaktscheibe und Morseschreiber wird die absolute Zahl der Expositionen während eines Versuches, und durch einen weiteren Schreiber, der durch Vermittlung eines Relais Sekunden sticht, die Bildfrequenz bestimmt. Steht die Mutter im Begriff das Gewinde auf der Spindel zu verlassen, so öffnet sie den Stromkreis des Motors (nur diesen), wodurch einem unnötigen Filmverbrauch vorgebeugt wird. Werden mehrere Versuche hintereinander gemacht, so kennzeichnet man das Ende des vorhergehenden durch ein Rundloch, das mit einer Lochzange in den ruhenden Film kurz vor seinem Wiedereintritt in die Kassette geschnitten wird. Es entsteht so keine Schädigung des Films, die einen ruhigen Fortgang der mechanischen Förderung verhindern könnte, und doch gewährt das Zeichen im Hinblick auf die Auslaufperiode, die der Morsestreifen wiedergibt, einen sicheren Anhalt in der Dunkelkammer vor der Entwicklung, aus dem Band das Stück herauszuschneiden, das den Versuch umfaßt. Daß bei der Lochung die außerhalb der Kassette befindliche Filmschleife belichtet wird, ist ohne Nachteil, denn sie gehört der Anlaufperiode des folgenden Versuchs an.

Die Schaltung (Fig. 4) läßt 5 Stromkreise erkennen: Ein von Akkumulatoren gespeister, durch eine Uhr sekundlich einmal geschlossener Strom durchfließt ein Relais und 2 parallel geschaltete 16-kerzige Lampen. Das Relais schließt über die Spulen des einen Morseschreibers und eine 16-kerzige Lampe einen Stromkreis, der am Netz liegt (220 Volt). Im Augenblick, wo die Kontaktscheibe am Bildwerkantrieb schließt, fließt ferner Strom vom Netz durch die Spulen des zweiten

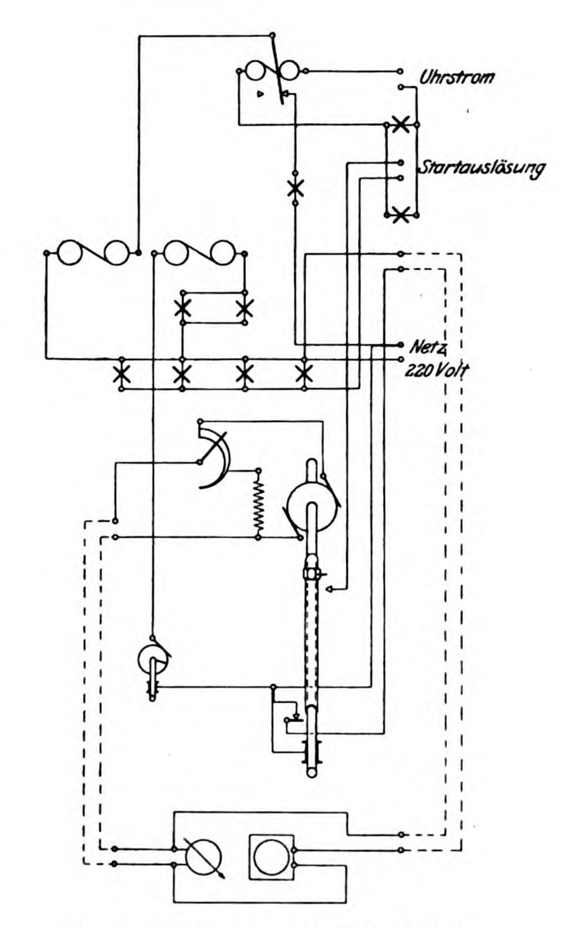


Fig. 4. Schaltung der Stromkreise.

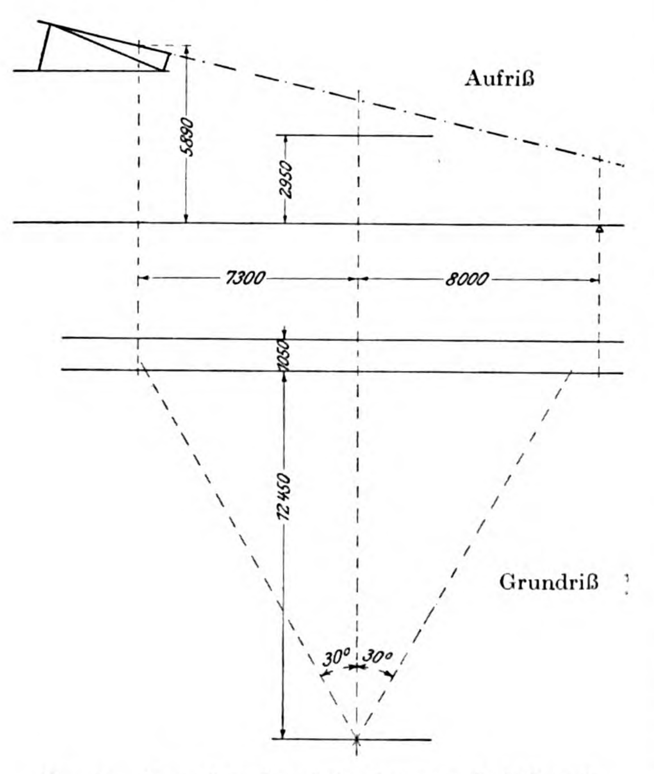
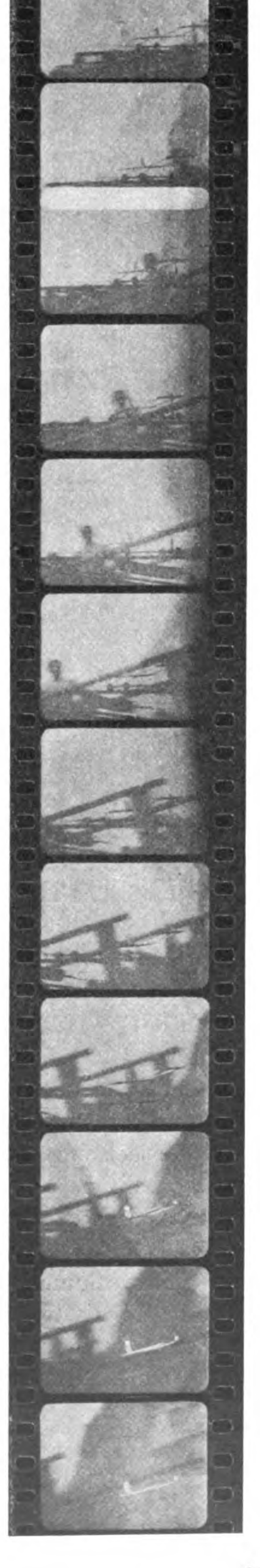


Fig. 5. Lageplan der Aufnahme in Aufriß und Grundriß



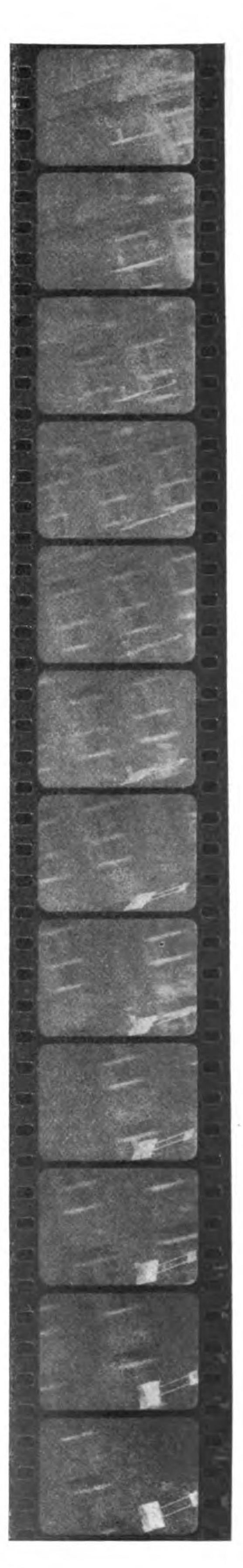


Fig. 6.

Schreibers über zwei parallele 25-kerzige Lampen zum Netz zurück. Ein vierter Stromkreis führt vom Netz zum Lager der Schraubenspindel über die Mutter durch den Anschlag, gegen den sich die Feder im Moment der Startauslösung legt, zur Spule am Startapparat, die ihren Eisenkern einzieht, und von da über vier parallele 25-kerzige Lampen zum Netz zurück. Der Spannungsmesser für den Motor ist zusammen mit dem Regulierwiderstand für sich montiert, um ihn nicht den Erschütterungen auszusetzen, die beim Transport der schweren kinematographischen Antriebsvorrichtung zur Versuchsstelle nicht zu vermeiden sind. Er wird durch Stechkontakte und Kabelschnüre angeschlossen. Die Öffnung des Motorstromkreises durch die Mutter am Ende ihres Wegs ist aus dem Schaltungsschema ersichtlich.

Aus dem Lageplan (Fig. 5) geht hervor, daß das Modell während der Dauer der Beobachtung über 2 m vom Boden entfernt bleibt, also eine Vergrößerung des Auftriebs durch die Bodennähe nicht zu befürchten ist (Föppl, Z. f. Fl. u. M. 1912, S. 217).

Die Verwendbarkeit der Versuchseinrichtung zum vorgesetzten Zweck wird durch die in Fig. 6 wiedergegebene Bildfolge dargetan. Die rechnerische Auswertung der Kinematogramme wird gelegentlich einer späteren Veröffentlichung von Messungsergebnissen erörtert werden.

Die Ausführung der Versuchseinrichtung geschah mit Mitteln und Kräften des Maschinen-Laboratoriums der Kgl. Technischen Hochschule zu Dresden. Es sei gestattet an dieser Stelle, dem Direktor des Laboratoriums Herrn Geh. Hofrat Prof. Dr. Mollier und seinem Stellvertreter Herrn Prof. Dr.-Ing. Nägel hierfür den Dank auszusprechen.

Untersuchungen an Luftschrauben am Stand und in der Fahrt beim Luftschiffbau Zeppelin, G. m. b. H. Friedrichshafen a. B.

Von
Dipl.-Ing. Freiherrn von Soden-Fraunhofen.

Die seither an den Z-Schiffen verwendeten Getriebe und Schrauben.

Zu den Hauptmerkmalen, die den Zeppelinschiffen eigen sind und sich seit dem ersten Projekt des Jahres 1892 bis heute unverändert erhalten haben, gehören unter anderen:

Die Anordnung mehrerer Luftschrauben,

deren starre Anbringung am Schiffsgerüst ungefähr in Höhe des Widerstandsmittelpunkts

sowie deren Antrieb mittels Kegelräder und schräg nach aufwärts führender Welle, alles Anordnungen, die viele Vorteile für sich haben und von denen abzugehen bis jetzt kein hinreichender Grund vorgelegen hatte.

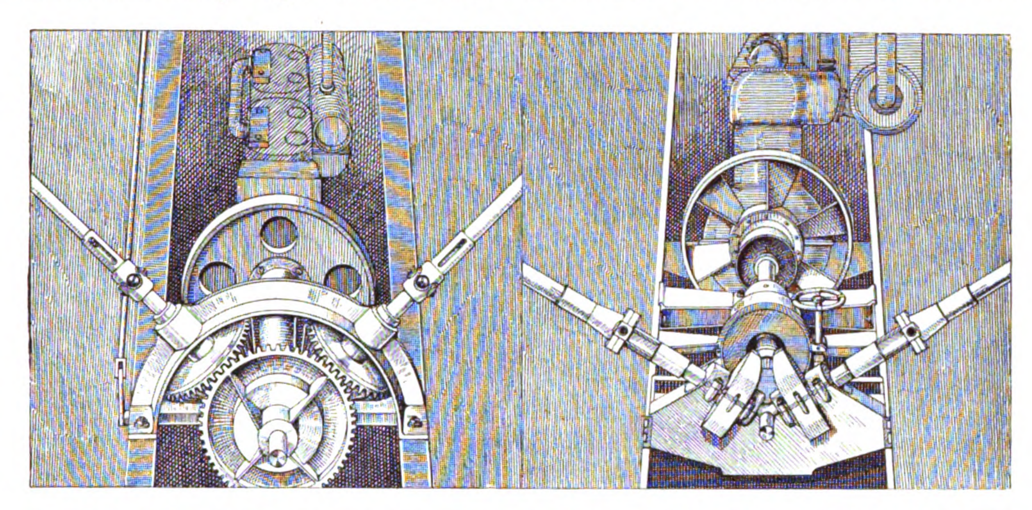
Sämtliche Schiffe waren bisher mit 4 Schrauben ausgestattet. Bei den ersten 6 Schiffen arbeiteten zwei Maschinen auf je zwei Schrauben. Am Luftschiff L Z 6 wurde nachträglich im Jahre 1910 ein dritter Motor eingebaut und dieser in die hintere Gondel gesetzt. Es waren dort je eine Maschine mit einer Schraube verbunden, während in der vorderen Gondel nach wie vor eine Maschine zwei Schrauben antrieb, so, wie dies auch bei den heutigen Schiffen noch der Fall ist. Nur im L Z 18, dem Marineluftschiff LII, waren vier Maschinen eingebaut worden.

Die Arbeitsübertragung vom Motor zur Schraube geschah schon beim ersten Schiff, wie bereits eingangs erwähnt, durch Kegelräder. Die Anordnung dieser Übertragung ist in Figur 1 dargestellt; da die Zeichnung maßstäblich ausgeführt ist, so können die Größenverhältnisse unmittelbar miteinander verglichen werden. Die mit den Getrieben übertragenen Arbeiten waren folgende:

Getriebe Nr.	Jahr	PS
1	1900	15
2	1905	86
3	1909	115
4	1913	180

Der große Fortschritt, der zwischen dem Getriebe von 1900 und 1905 bemerkbar ist, hängt damit zusammen, daß in diese Jahre die Hauptentwicklung des Automobilbaus fällt.

Beim Getriebe 1909 war man — es war dies das einzige Mal — abgegangen von der Kegelradübertragung. Von dem vorzüglichen Wirkungsgrad, welcher nämlich der Stahlbandübertragung eigen ist, verführt, hatte man diesen Antrieb für das Luftschiff Z VI gewählt. Der ruhige, gleichmäßige Lauf, der damit erzielt wurde, und das geringe Gewicht hatten tatsächlich viel Bestechendes; aber bald



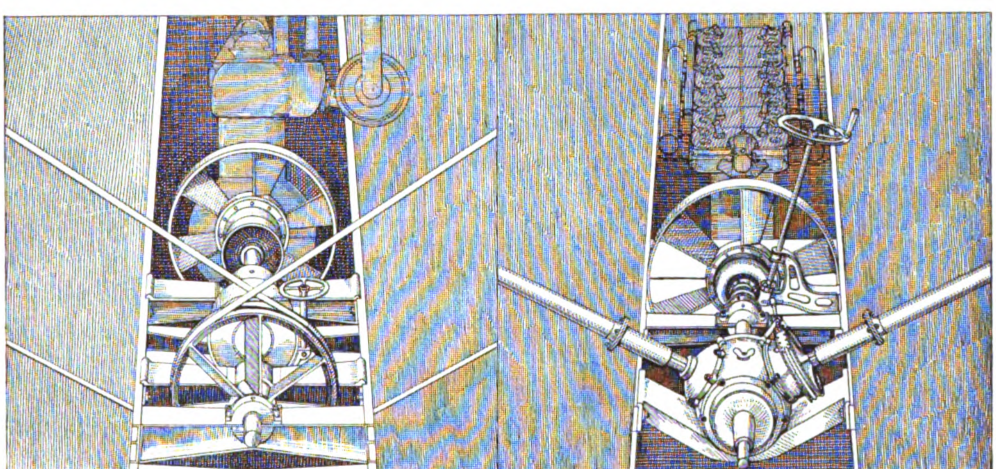


Fig. 1. Getriebe.
Oben links Ausführung 1900, rechts 1905.
Unten links 1909, rechts heutige Ausführung des Getriebes.

zeigte sich, daß der Betrieb mit diesem Stahlband nur beschränkte Zeit aufrecht erhalten werden konnte. Die Grundbedingung für diese Art Antrieb, die peinlich genaue und unverrückbar feste Lagerung der treibenden und getriebenen Scheibe, konnte am Luftschiffgerippe nicht erfüllt werden. Die Folge hiervon war, daß, trotzdem die Versuche mit Ausdauer fortgesetzt wurden, jeweils nach längerer oder kürzerer Zeit das Stahlband riß. Die Fahrt des Luftschiffes Z VI nach Berlin erlitt auf diese Weise verschiedene Störungen.

In Figur 2 ist das Getriebe von 1900, in Figur 3 dasjenige von 1913 in photographischer Abbildung dargestellt.

In der Art und Weise, wie die Schraubenvorgelege, das an der Schraube selbst befindliche Kegelradgetriebe, mit dem Schiffskörper verbunden sind, hat sich

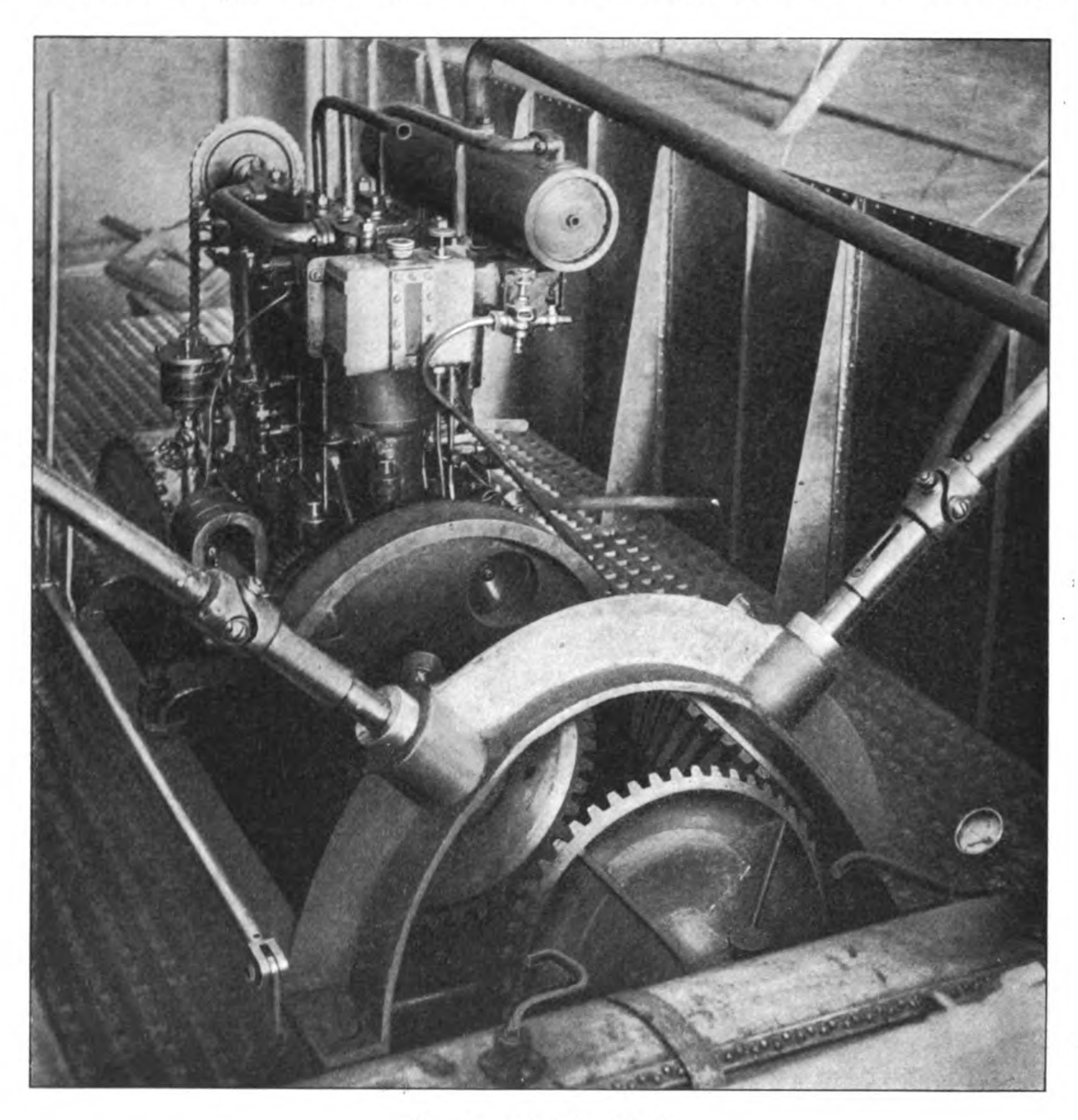


Fig. 2. Getriebe (1900).

im Laufe der Jahre nicht viel geändert. Es ist auch in der Konstruktion dieser Vorgelegeböcke nicht viel Spielraum gegeben, besonders wenn dabei noch für einen möglichst geringen Luftwiderstand der Böcke Sorge getragen werden muß. Die Ausführungen der Jahre 1900 bis heute, die in den Figuren 4 bis 6 dargestellt sind, zeigen demnach keine erheblichen Verschiedenheiten. Die Darstellung der Figur 7 läßt dies noch besser erkennen. Dieses Bild zeigt in maßstäblicher Gegenüber-

stellung die Veränderungen, welche die Luftschrauben in den Jahren 1900 bis heute erfahren haben. Leistungen und Durchmesser sind aus folgender Tabelle zu ersehen:

Luftschraube Nr.	Jahr	PS	Durchmesser
1	1900	7,5	1,1 m
2	1905	43	3,0 ,,
3	1909	57	4,0 ,,
4	1913	180	4,6 ,,

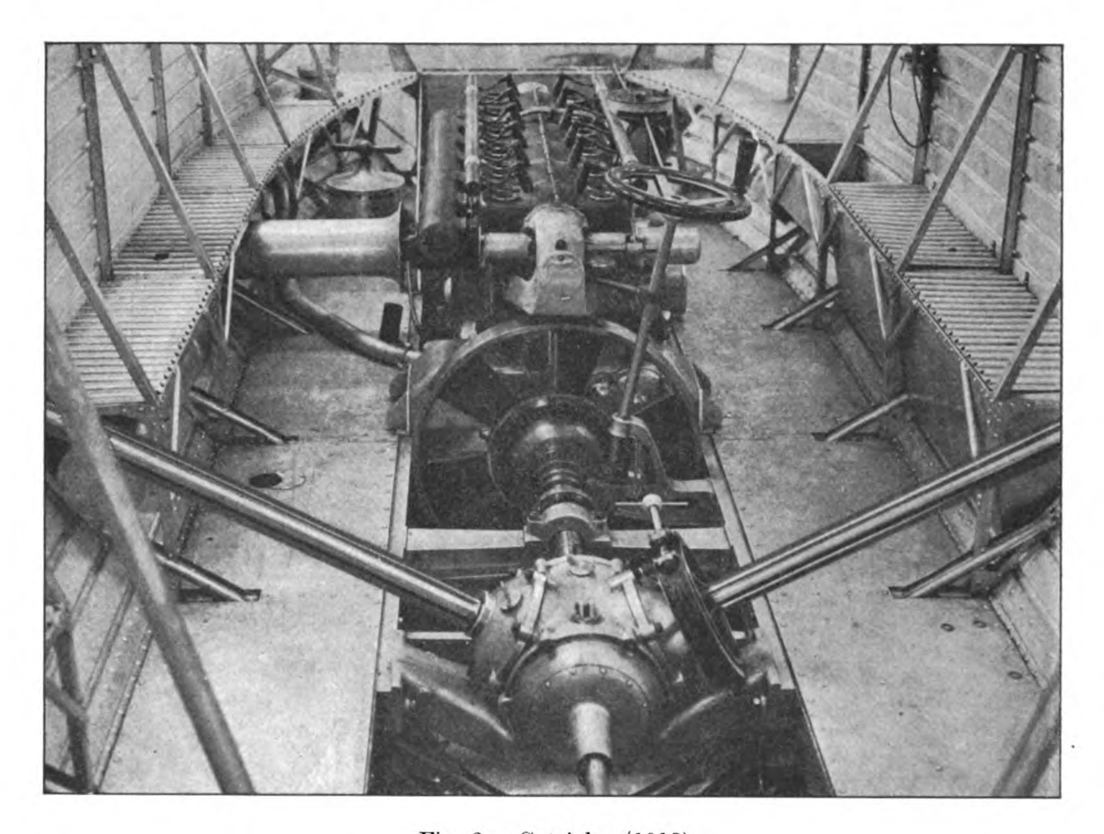


Fig. 3. Getriebe (1913).

Die noch heute in Verwendung befindlichen zweiflügeligen Schrauben haben den gleichen Durchmesser wie die vierflügeligen Schrauben, nämlich 4,6 m. (Fig. 8.) Die Schraube des ersten Schiffes hatte einen Durchmesser von nur 1,1 m. Wenn dieser auch für die Aufnahme von nur 7,5 PS vollkommen genügt hatte, so lag darin doch von vornherein der Grund für einen schlechten ideellen Wirkungsgrad, der etwa 55% betragen hat; der tatsächliche Wirkungsgrad wird wohl nicht viel größer als 40% gewesen sein. Schon die dreiflügelige Schraube des zweiten Schiffes (Bild 9) vom Jahre 1905 mit 3 m Durchmesser, die wir noch bis zum LZ 5 in Gebrauch finden, war auch nach heutigen Begriffen gut konstruiert und den Verhältnissen angepaßt, sie hatte bis zu 42 PS aufzunehmen.

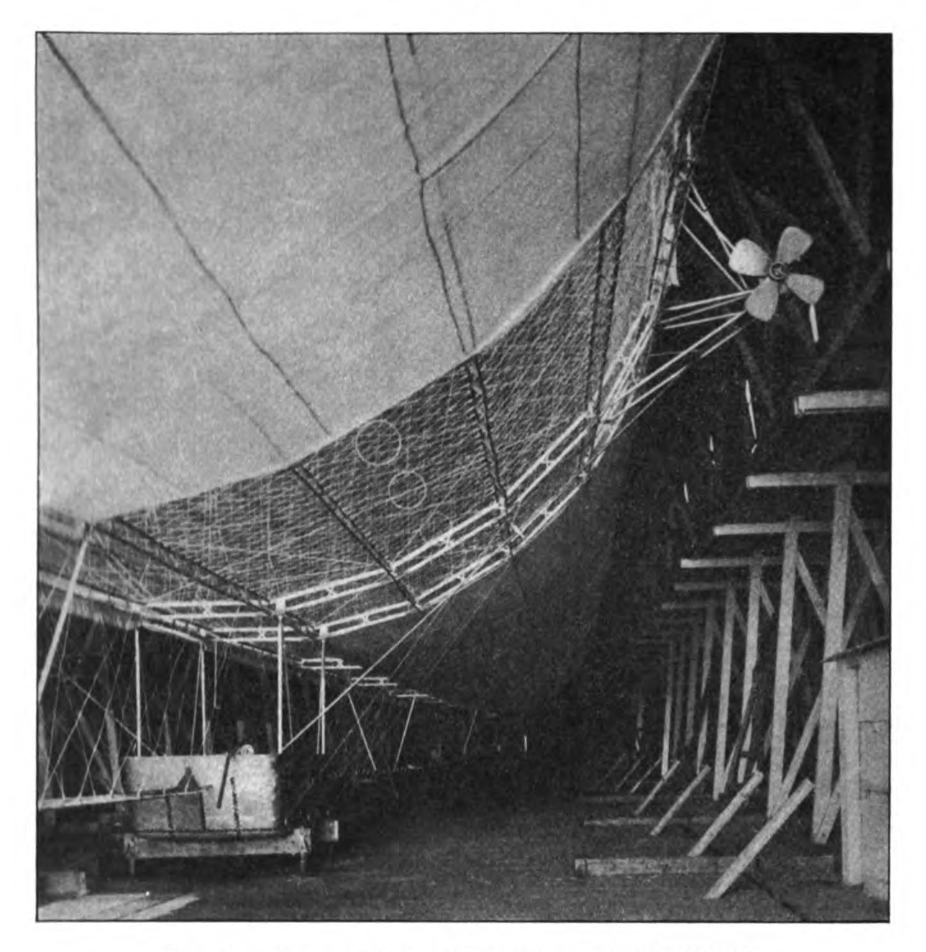


Fig. 4. Anordnung der Schrauben am Schiff (L Z 1).

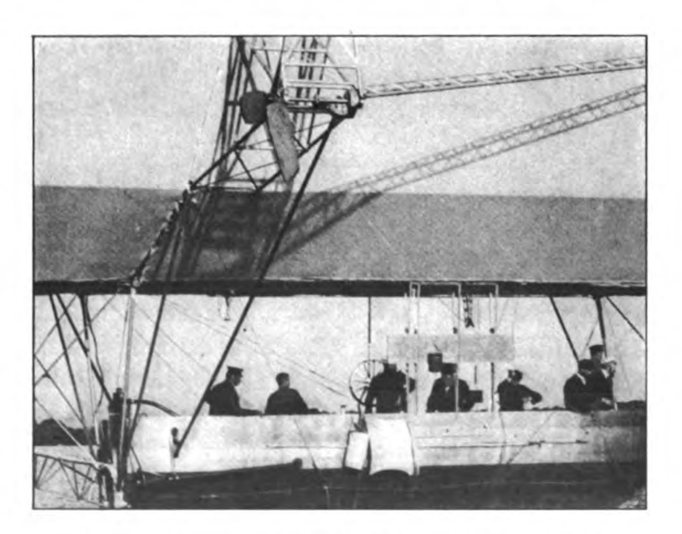


Fig. 5. Anordnung der Schraube am Schiff (L Z 2).

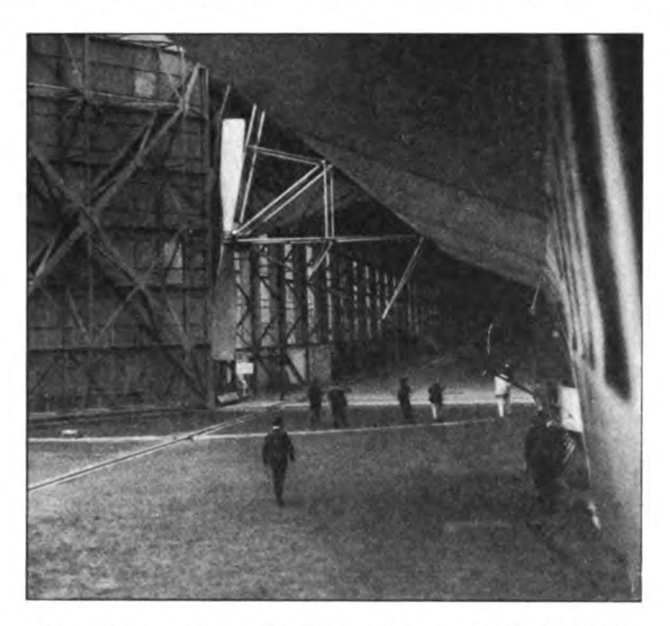


Fig. 6. Anordnung der Schraube am Schiff (L Z 11).

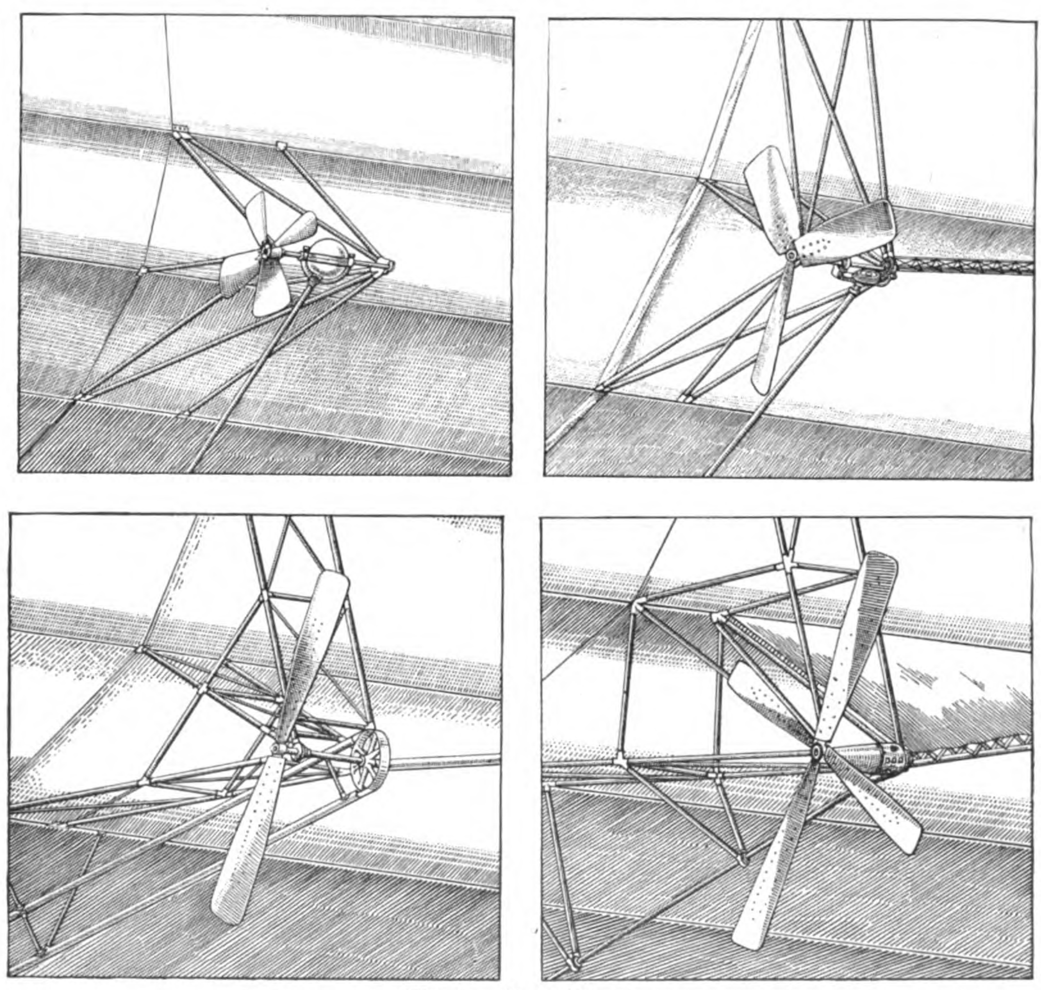


Fig. 7. Propeller.
Oben links Ausführung 1900, rechts 1905. Unten links 1909, rechts heutige Ausführung.

Die Schraubenflügel bestanden, ebenso wie diejenigen der erstmals am LZ 6 verwendeten zweiflügeligen Schrauben von 4 m Durchmesser (Fig. 10), aus Aluminiumblech, das auf Armen aus Chromnickelstahl aufgenietet war. Um den Querschnitt möglichst günstig zu gestalten, war auf der Saugseite ein Rückenblech aufgenietet. Bei diesen zweiflügeligen Schrauben war es mehrere Male, so bei der bekannten Fahrt des LZ 6 nach Berlin im Jahre 1909, vorgekommen, daß da, wo der Flügelarm an der Nabe ansetzt, infolge der Vibrationen Ermüdungsbrüche eintraten und der Flügel abflog. Diesem Umstand sowie auch dem Bestreben, die Oberfläche der Flügel besonders auf der Saugseite noch glatter zu gestalten, verdankt die heutige Bauweise (Fig. 13 und 18) ihre Entstehung. Bei diesen Schrauben von 4,6 m Durchmesser ist das Flügelblech nahtlos

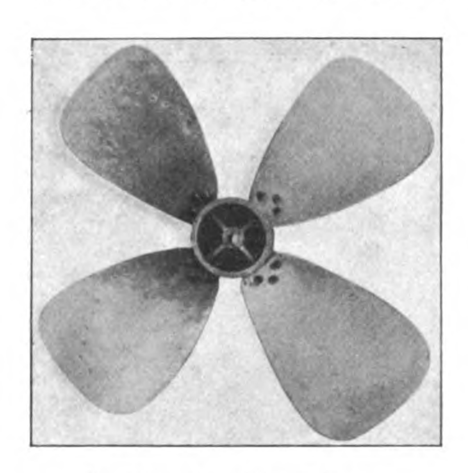
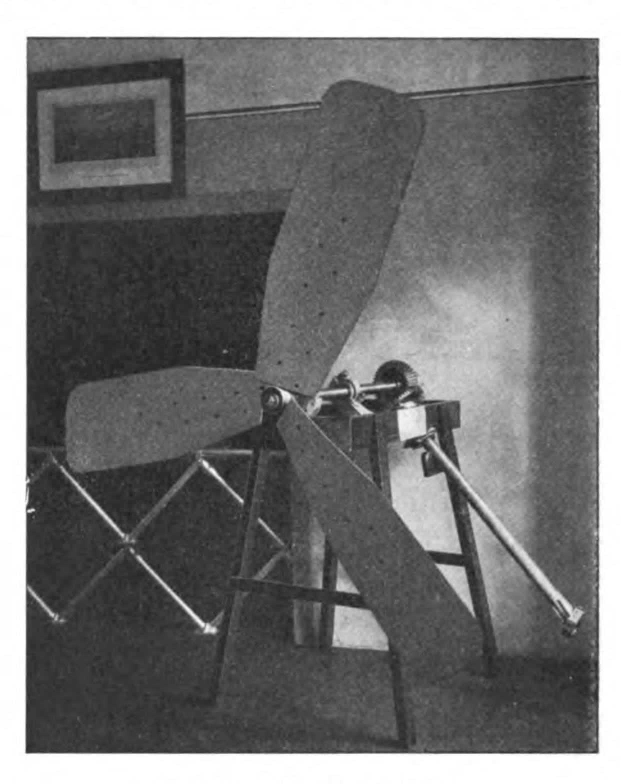


Fig. 8. Propeller L Z 1.



Fig, 9. Propeller L Z 2.

über die Flügelarme gezogen. Letztere sind durch große Elastizität vor Ermüdungsbrüchen geschützt. Außerdem ist durch die eigenartige Konstruktion erreicht, daß sich ein etwaiger Bruch rechtzeitig durch Flattern der Schrauben anmelden würde. Seit Annahme dieser Bauweise ist denn auch kein Flügel mehr abgeflogen.

Schraubenprüfungen.

Schon die Schrauben des ersten Schiffes wurden vor ihrem Einbau in das Luftschiff einer Prüfung in Fahrt unterzogen. Sie wurden zu diesem Zweck von dem für sie bestimmten Motor angetrieben in ein Boot gesetzt und zum Vortrieb dieses Bootes benutzt (Fig. 11). Mit diesem Boote wurde eine Geschwindigkeit von 3 bis 4 Sekundenmetern erzielt. Wenn auch diese Geschwindigkeit nur halb so groß war als die vom Luftschiff erwartete und daher die am Luftschraubenboot gewonnenen

Ergebnisse keine volle Gültigkeit für den Betrieb der Schrauben am Luftschiff hatten, so zeugen diese Prüfungen doch von der Gründlichkeit mit der Graf von Zeppelin bei der Erbauung seines ersten Schiffes zu Werke ging. Außerdem wurde es doch durch dieses Verfahren möglich, da Konstruktionsgrundlagen und Erfahrungen damals mangelten, auf dem Wege des Versuchs, günstige Steigungen und Umdrehungszahlen zu ermitteln. Ferner ließen diese Versuche damals schon erkennen, daß die einfache Schraube noch so sinnreichen aber komplizierteren anderen Konstruktionen vorzuziehen war. So selbstverständlich das heute klingt,

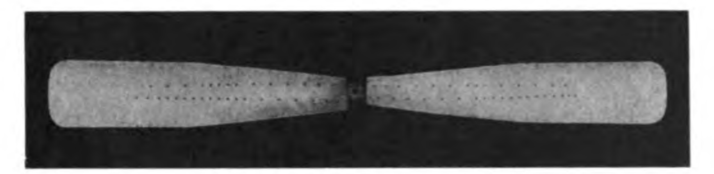


Fig. 10.



Fig. 11. Luftschraubenboot.

so wenig selbstverständlich war es vor 15 Jahren; es darf nur an die mannigfachen und abenteuerlichen Gebilde erinnert werden, die noch den Propellerprüfwagen der „Ila" in Frankfurt vorübergehend zierten.

Noch die Schrauben des LZ 2 wurden auf dem Luftschraubenboot geprüft. Bei den späteren Schrauben beschränkte man sich auf die Berechnung und das Ausprobieren der günstigsten Übersetzung nach Einbau in das Schiff.

Erst im Jahre 1910 fand wieder auf Vorschlag des mit dem Marineluftschiff L II verunglückten Marinebaumeisters Pietzker eine Untersuchung der Schrauben statt auf dem Propellerprüfwagen der „Ila". Diese von Herrn Béjeuhr vorgenommenen Versuche hatten zwei wertvolle Wirkungen im Gefolge:

1. waren nun Grundlagen geschaffen, auf denen man für eine Neukonstruktion aufbauen konnte;

2. war der Wunsch beim Luftschiffbau Zeppelin sehr rege geworden, sich eine eigene Propellerprüfeinrichtung zu schaffen, um selbst die im eigenen Werk hergestellten Schrauben prüfen oder sie mit Schrauben fremder Herkunft vergleichen

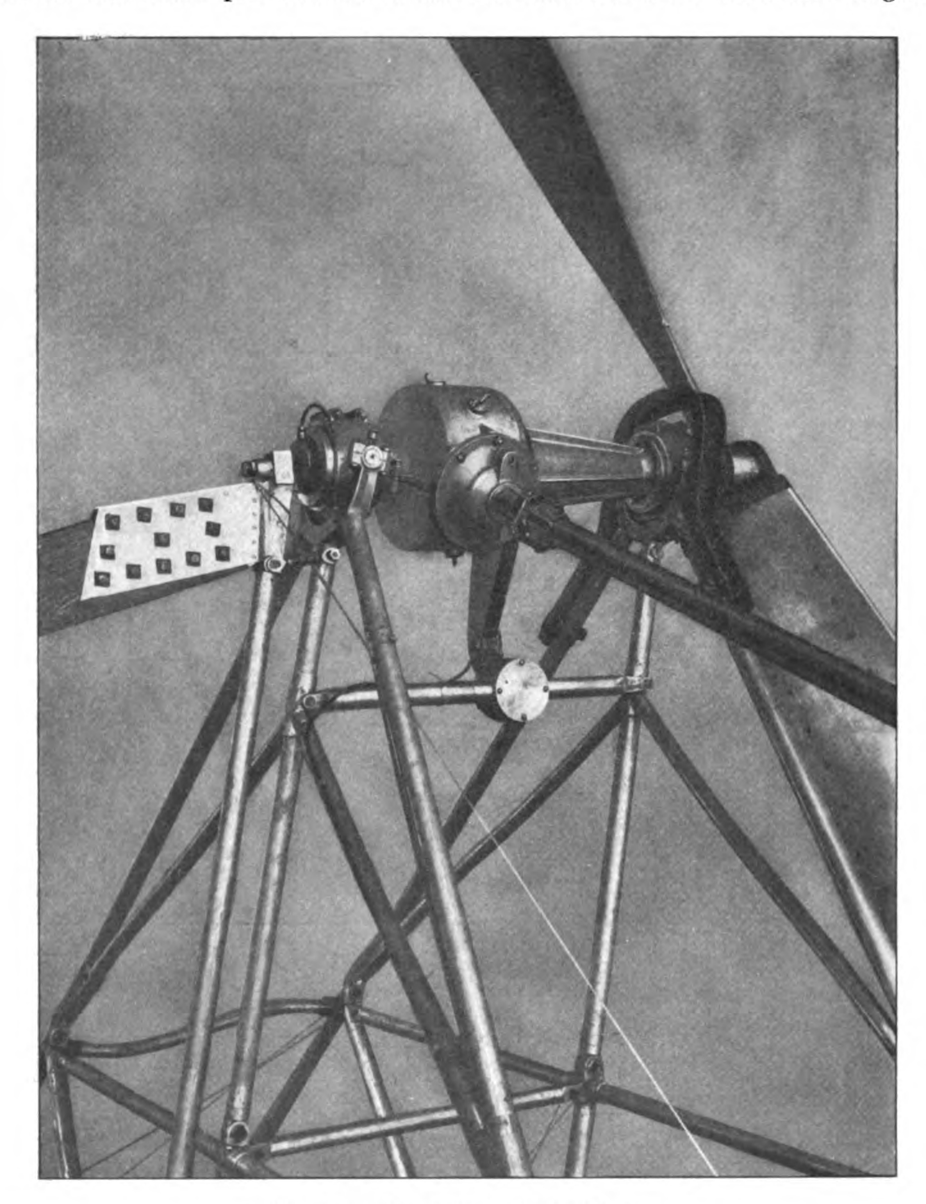


Fig. 12. Schraubenprüfeinrichtung.

zu können. Nach vielen Erwägungen wurde der Vorschlag des Herrn Direktors Dürr angenommen, keine ständige Einrichtung zu schaffen, die beispielsweise in einem großen Ringgleis und Prüfwagen bestehen konnte,sondern die Schrauben am fahrenden Schiff selbst zu prüfen. Alle anderen Methoden hätten stets Zweifel hinterlassen, ob nicht doch unter den geänderten Verhältnissen auch die

Prüfungsergebnisse sich anders gestaltet hätten. Außerdem bot die Prüfung der Schrauben am Luftschiff selbst noch folgende Vorteile:

1. Unabhängigkeit vom Wind, ausgenommen selbstverständlich böiger Wind;
2. infolge der unbeschränkten Fahrbahn Möglichkeit, stets im Beharrungszustande die Messungen vornehmen zu können;
3. die Möglichkeit, unabhängig von der zu prüfenden Schraube die Luftschiffsgeschwindigkeit beliebig verändern zu können;
4. Feststellung der Beeinflussung zweier hintereinander angebrachter Schrauben.

Diesen Vorteilen standen freilich als Nachteile gegenüber:

1. die hohen Kosten, welche die Versuche der besonders hierfür zu machenden Fahrten wegen verursachen mußten;

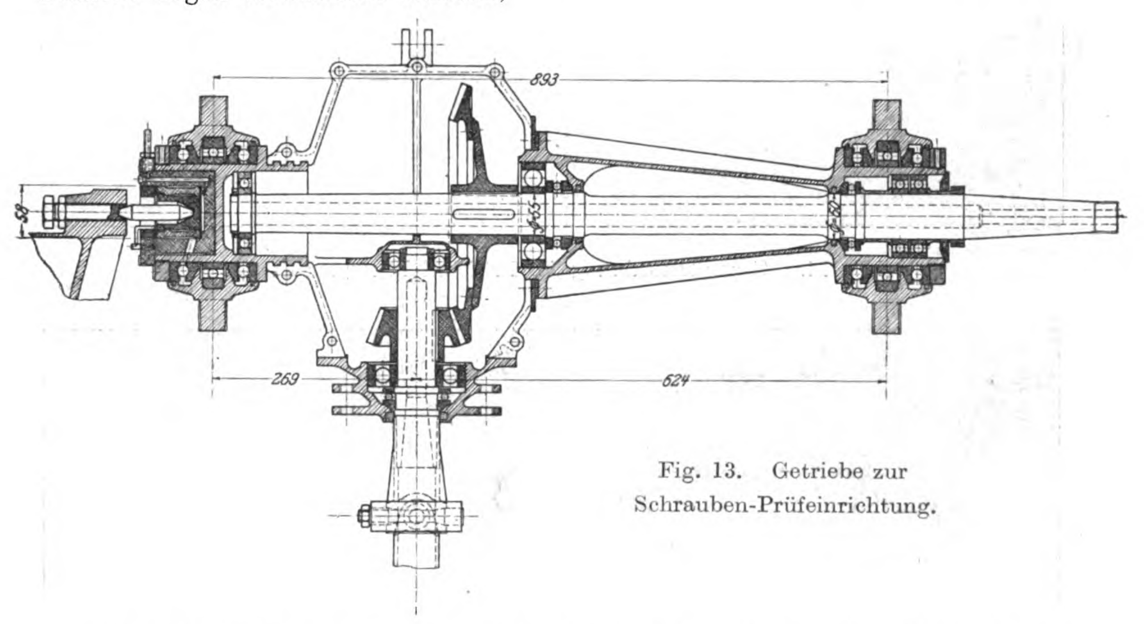


Fig. 13. Getriebe zur Schrauben-Prüfeinrichtung.

2. die Schwierigkeit, an dem doch stets in Schwankungen befindlichen Schiff Messungen zu machen.

Für die Messungen wurde das Schiff LZ 12, der spätere Z III; der im Frühjahr 1912 fertiggestellt wurde, ausersehen. Vor der Anbringung am Schiff sollte die Vorrichtung in der Halle am Stand ausprobiert und bei dieser Gelegenheit gleichzeitig der Wirkungsgrad des Getriebes festgestellt werden.

Die Schraubenprüfeinrichtung.

Die Prüfeinrichtung war im allgemeinen derjenigen des Propellerprüfwagens der „Ila" nachgebildet. Ein Unterschied bestand darin, daß für die Druckmessung nicht Druckzylinder mit verhältnismäßig großen Hüben, sondern Meßdosen mit 1—2 mm Hub verwendet wurden[1]). Die Figur 12 zeigt die Anordnung. Zur Messung des Schubs ist der Propellerbock in Scharnieren so beweglich angeordnet, daß

[1]) Die Meßdosen waren geliefert von der Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff.

die Propellerwelle in der Achsrichtung sich verschieben kann und dabei mit der Meßdose gegen einen festgelagerten Schubbalken drückt.

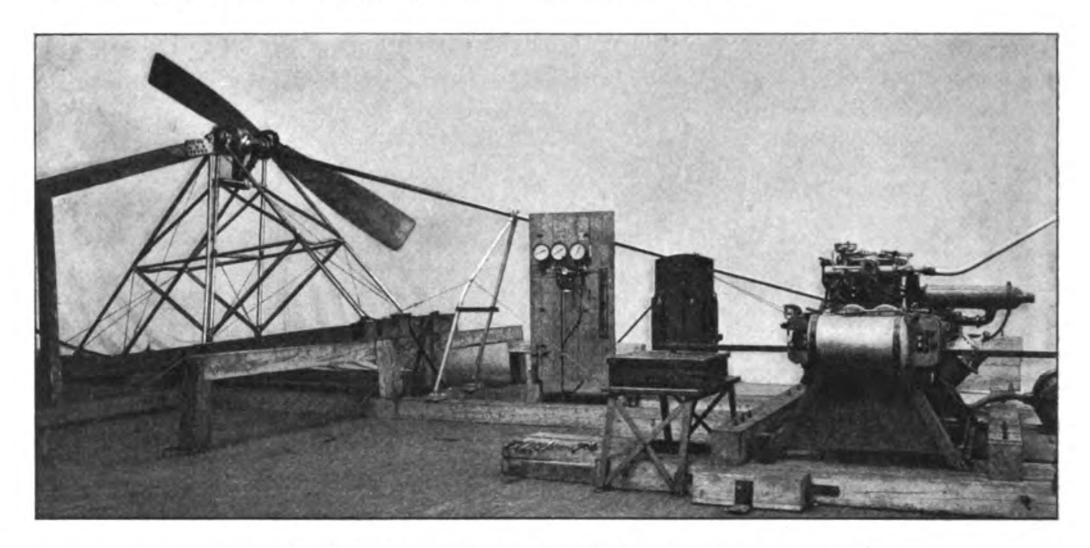


Fig. 14. Gesamtanordnung der Prüfeinrichtung am Stand.

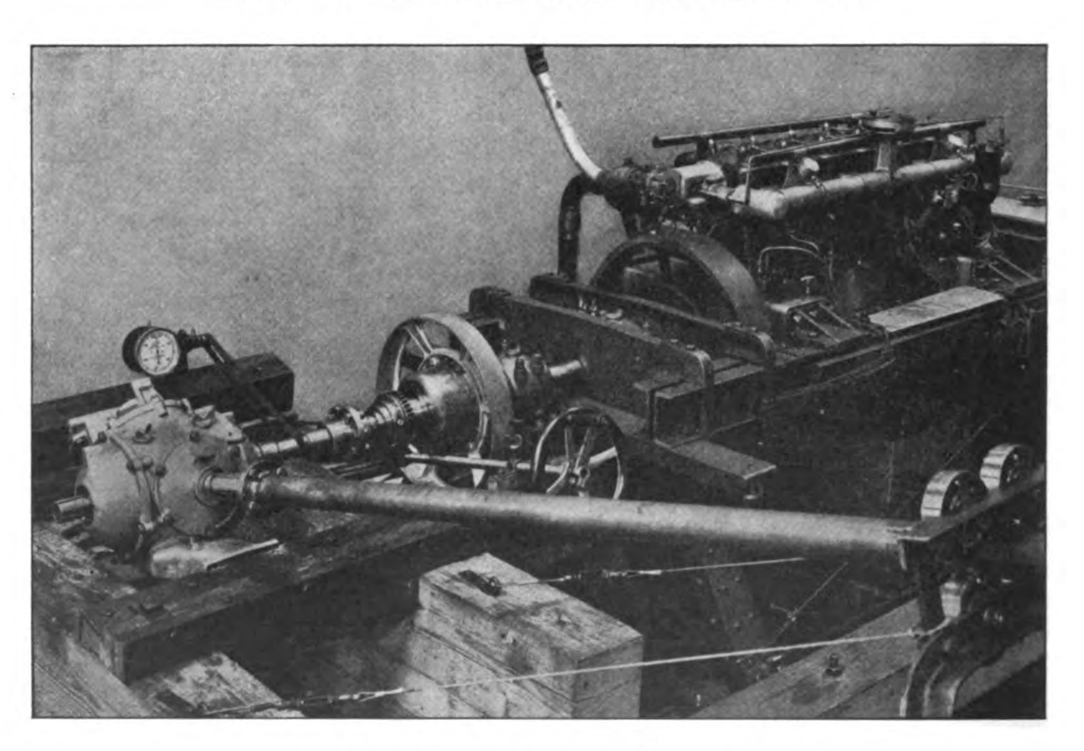


Fig. 15. Anordnung des Motors.

Zur Messung des Drehmoments ist das Getriebegehäuse selbst drehbar gelagert. Die Art der Lagerung, auf die besondere Sorgfalt verwendet wurde, ist aus Figur 13

zu ersehen, es zeigt auch den Einbau der Meßdose zur Messung des Schubs und den Anschluß der schrägen Welle durch ein Kreuzgelenk.

Den Zusammenbau der ganzen Einrichtung für die Messungen am Stand zeigt Figur 14. Schub und Drehmoment werden an den dort sichtbaren Manometern angezeigt. Ein drittes Manometer dient als Kontrollinstrument. Da auch der Wirkungsgrad des Getriebes gemessen werden sollte, war der Motor auf einem Pendelrahmen aufgestellt (Fig. 15). Man konnte demnach die Drehmomente auf der Motorwelle und der Propellerwelle unmittelbar wägen. Für die Übertragung war dieselbe Rohrwelle von 8 m Länge eingebaut worden, die nachher am Schiffe selbst zur Verwendung kam. Die geringe Neigung und das am oberen Getriebe nötige Kardangelenk verursachten für den ruhigen Lauf der Welle außerordentliche Schwierigkeiten. Erst nachdem die Welle mit zwei Zwischenlagern

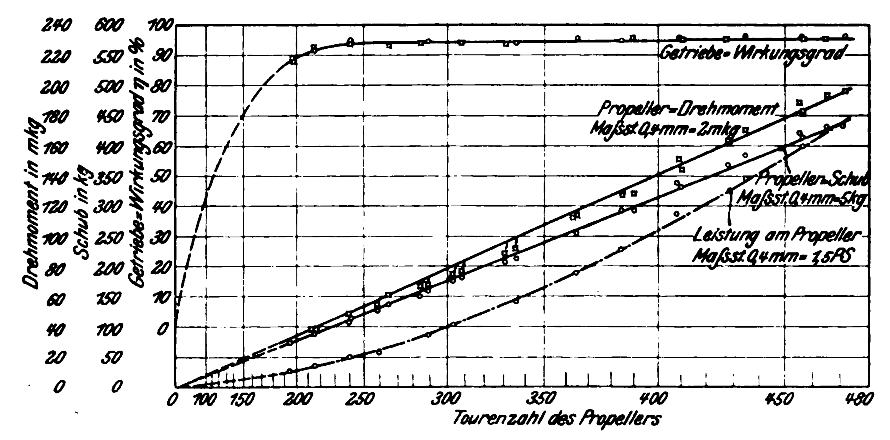


Fig. 16. Standversuch mit 2flügl. Rohrpropeller, 4,6 m ⌀; 45 cm Flügelbreite zur Bestimmung des Getriebe-Wirkungsgrades. Übersetzg.: 60/45; 31/86.

versehen worden war, konnte die Vorrichtung in Betrieb genommen werden. Das Kreuzgelenk mußte, um die Genauigkeit der Drehmomentmessung nicht zu beeinflussen, beibehalten werden[1]).

Standversuch zur Ermittelung des Getriebewirkungsgrades.

Mit dieser Einrichtung war nur eine einzige Schraube, die normale zweiflügelige Schraube untersucht worden; die Versuchsergebnisse sind auf Bild 16 dargestellt. Das Schaubild zeigt, inwieweit die durch den Versuch ermittelten Punkte als dem quadratischen Gesetz folgend gefunden wurden.

Der Schubkoeffizient ψ[2]) berechnet sich hieraus zu 0,017, der Drehmomentskoeffizient μ zu 0,00319, der Schub pro PS zu 4,17 und das Verhältnis von Schub zu maximalem Schub zu 62 %. Inwieweit diesen Feststellungen Wert beizulegen ist, davon wird später noch die Rede sein.

---

[1]) Die Rechnung ergibt, daß bei einer ungelagerten Länge der Welle von 4 m deren Steifigkeit durch Weglassen des im Abstande von 0,4 m vom Drehpunkt angebrachten Kreuzgelenks um das Neunzigfache zunimmt.

[2]) Siehe Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt 1914, Heft 5. S. 75.

Der Wirkungsgrad des Getriebes ist einwandfrei gemessen, er ergibt sich bei Belastung zu 95% für die 2malige Übersetzung, also zu 97,5% für die einmalige Übersetzung. Dieser hohe Wirkungsgrad, der übrigens auch bei Kegelradübersetzungen für Wasserturbinen erreicht und überschritten wird, erklärt sich in erster Linie aus der äußerst knappen Dimensionierung der Kegelräder im Vergleich zur Größe der Belastung.

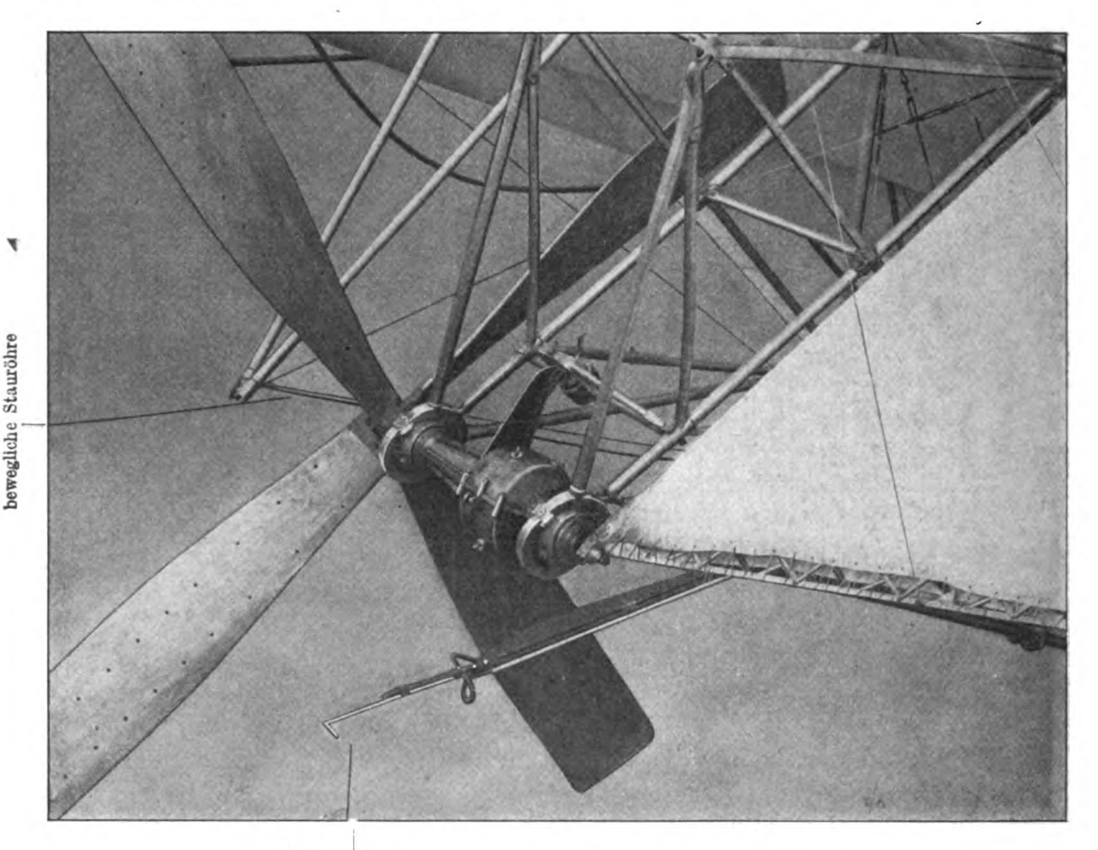


Fig. 17. Prüfeinrichtung am Schiff.

Versuche während der Fahrt.

Nachdem nun erkannt war, daß die Prüfeinrichtung am Stand zur Zufriedenheit arbeitete, wurde sie am Luftschiff eingebaut. Es war dafür der Platz des hinteren Steuerbordpropellers vorgesehen worden.

Figur 17 zeigt die Einrichtung schräg von oben gesehen. Auf dem Bild sind auch ersichtlich eine 1 m vor der Schraube fest angebrachte Stauröhre[1]) und eine 1 m hinter der Schraube verschieblich angebrachte Stauröhre. Die mit diesen ausgeführten Luftgeschwindigkeitsmessungen werden noch eingehend besprochen werden.

[1]) Es wurden Stauröhren System Brabbée verwendet.

Figur 18 zeigt die Anordnung der Anzeigeinstrumente in der hinteren Gondel. Außer den Anzeigemanometern für Schub und Drehmoment und dem Kontrollmanometer ist der mit den Stauröhren durch Schläuche verbundene Differenzzugmesser zu sehen[1]). Ein gleiches Instrument war in der vorderen Gondel angebracht zur Messung der Schiffsgeschwindigkeit. Es war zu diesem Zweck mit einer Stauröhre verbunden, die sich in einem Abstand von 5 m unter dem Rand der vorderen Gondel befand[2]). Zur Vornahme der Versuche wurden 19 Fahrten an möglichst böenfreien Tagen in den Vormittagsstunden unternommen. Sie fanden in der Zeit vom 26. April bis 26. Mai 1912 statt. Es war besonders Gewicht gelegt auf gleich-

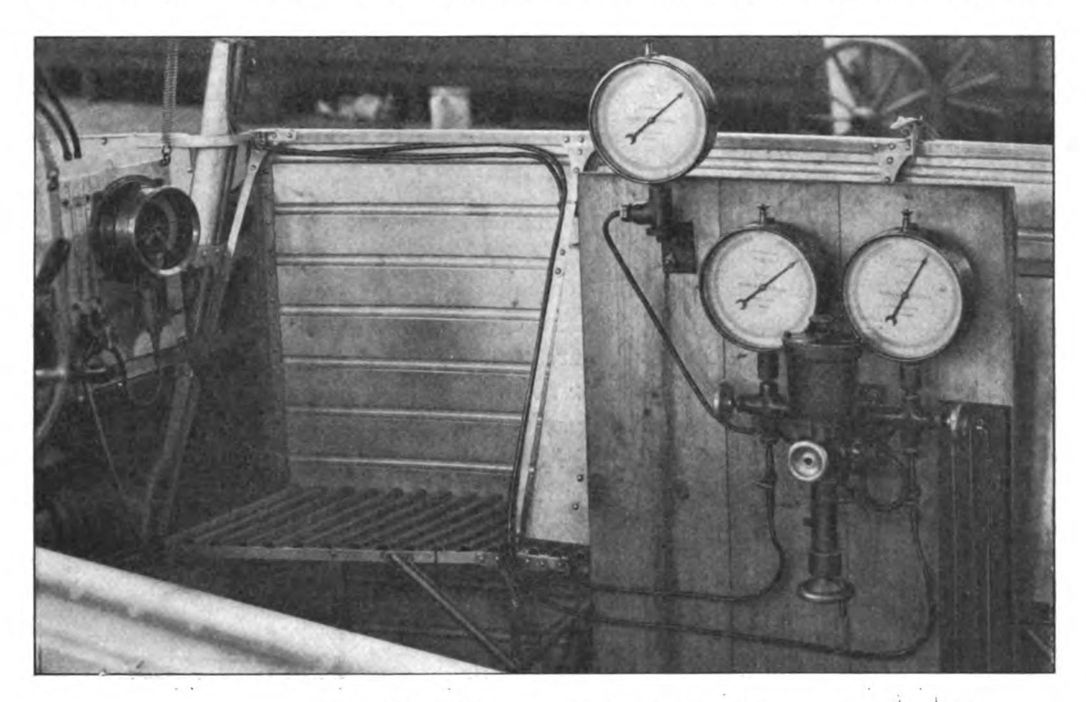


Fig. 18. Meßinstrumente in der Gondel.

mäßig horizontale Lage des Schiffes während der Fahrt, eine Forderung, die durch die günstigen Windverhältnisse über dem Bodensee erfüllbar war. Es gelang denn auch, die Längsschwankungen des Schiffes während der Fahrt auf $\pm$ 1′ zu beschrän-

[1]) Beschreibung des Instruments in Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt 1911, Heft 19, Mitteilungen des LZ I.

[2]) Beschreibung der Anordnung in Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt 1911, Heft 19, Mitteilung des LZ I. Aus den Versuchen, die in der Göttinger Modellversuchsanstalt vorgenommen wurden (Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt 1913, Heft 20, S. 267) ergab sich, daß an der Stelle des Luftschiffs, an der die Stauröhre angebracht war, eine um ca. 3 % zu große Eigengeschwindigkeit gemessen wird. Die bis in die letzte Zeit fortgesetzten Versuche am Luftschiff selbst, bei denen die mit Stauröhre gemessene Geschwindigkeit mit der durch Abfahren einer Strecke bestimmten Geschwindigkeit verglichen wurden, haben die Gültigkeit dieser Modellversuche für das Luftschiff selbst nicht erwiesen. Die Staurohrgeschwindigkeiten waren teils größer, teils kleiner als die durch Abfahren der Strecke ermittelten Geschwindigkeiten.

ken. Da größere Abweichungen von der horizontalen Lage einen Fehler in der Messung der Schubkräfte ergeben hätten, wurde in solchen Fällen die Ablesung des Schubs unterlassen und die Wiederkehr der horizontalen Lage abgewartet. Zur Vornahme der Messungen waren drei Beobachter nötig: einer in der vorderen Gondel zur fortdauernden Messung und Registrierung der Geschwindigkeit, ein Beobachter an den Schub- und Drehmomentsmanometern und dem Tachometer, ein Beobachter an den Zugmessern für die Luftgeschwindigkeit vor und hinter der Schraube; diesem oblag auch die Leitung der Versuche[1]). Die Verständigung mit der Schiffsführung geschah durch Glockensignale. Die Reihenfolge der Versuche auf einer Fahrt war folgende:

1. Die zu untersuchende Schraube befand sich allein in Betrieb;
2. zusammen mit der hinteren Backbordschraube, diese mit halber Kraft;
3. zusammen mit hinterer Backbordschraube, diese mit voller Kraft;
4. zusammen mit allen Motoren:
   a) vorne beide Schrauben in Betrieb;
   b) vorne Steuerbordschraube allein in Betrieb;
   c) vorne Backbordschraube allein in Betrieb.

Jeder Versuch wurde bei fünf verschiedenen Umdrehungszahlen der untersuchten Schrauben ausgeführt und diese Umdrehungszahlen solange eingehalten, bis in der Schiffsgeschwindigkeit Beharrungszustand eingetreten war.

Die Luftgeschwindigkeit hinter der Schraube wurde bei jeder Umdrehungszahl an fünf verschiedenen Stellen des Schraubenradius gemessen. Da bis zum Eintritt des Beharrungszustandes zwei bis drei Minuten gewartet werden mußte, wenn die Schritte von einer zur nächsten Umdrehungszahl nicht zu groß waren, dauerten die auf einer Fahrt unternommenen Versuche ungefähr zwei Stunden.

Vor Antritt der Fahrt wurde regelmäßig zur Kontrolle der Prüfeinrichtung bei einigen Umdrehungszahlen ein Standversuch gemacht.

Zum Versuch kamen fünf Schrauben:

1. eine zweiflügelige normale Schraube } wie sie bisher in Benutzung waren,
2. einevierflügelige normale Schraube }
3. eine vierflügelige Versuchsschraube,
4. eine vierflügelige Schraube mit einseitig aufgenieteten Blechen.
5. eine zweiflügelige Holzschraube fremder Herkunft.

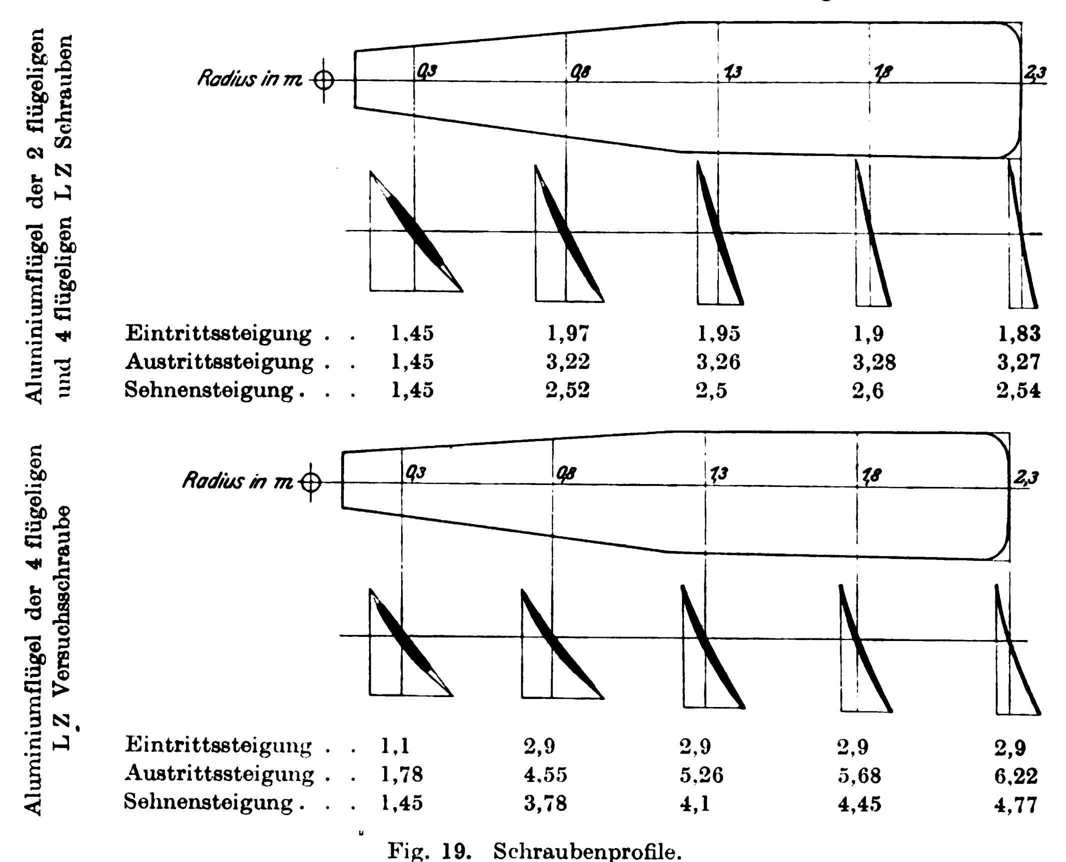
Aus verschiedenen Gründen sollen im folgenden nur die mit den ersten drei Schrauben gemachten Versuche besprochen werden.

Die Schrauben sind durch Bild 19 mit Tabelle gekennzeichnet: die Bauart der drei Schrauben ist die bei den Z-Schiffen übliche: Nahtloser hohler Aluminiumflügel über Flügelhalter aus CrN-Stahl gezogen und darauf vernietet (Fig. 12 und 17). Die normale zweiflügelige Schraube hat die gleichen Flügel wie die vierflügelige Schraube. Letztere ist also nur durch Zusammensetzen zweier zweiflügeliger Schrauben entstanden.

Die vierflügelige Versuchsschraube hat gleichen Durchmesser und gleiche Flügelbreite wie die erstgenannten Schrauben. Die Querschnittformen sind bei beiden

[1]) Die Beobachter waren in oben genannter Reihenfolge: Dipl.-Ing. Cl. Dornier, Ing. W. Schüle (†) und der Verfasser.

Schraubenarten nicht wesentlich voneinander verschieden, dagegen weichen sie in den Steigungsverhältnissen erheblich voneinander ab. Die Steigung der Versuchsschraube ist durchschnittlich 1,7 mal so groß als die Steigung der anderen Schrauben. Außerdem ist aber auch das Steigungsverhältnis in den verschiedenen Radien verschieden. Bei den normalen Schrauben haben wir von innen nach außen abnehmende Steigung an der Eintrittskante und etwa konstante Steigung an der Austrittskante. Bei der Versuchsschraube ist das Verhältnis umgekehrt: konstante



Eintrittssteigung . .	1,45	1,97	1,95	1,9	1,83
Austrittssteigung . .	1,45	3,22	3,26	3,28	3,27
Sehnensteigung . . .	1,45	2,52	2,5	2,6	2,54

Eintrittssteigung . .	1,1	2,9	2,9	2,9	2,9
Austrittssteigung . .	1,78	4,55	5,26	5,68	6,22
Sehnensteigung . . .	1,45	3,78	4,1	4,45	4,77

Fig. 19. Schraubenprofile.

Eintrittssteigung und von innen nach außen zunehmende Austrittssteigung. Bei konstanter Eintrittssteigung ist der Ablenkungswinkel, also die Differenz zwischen Austritts- und Eintrittswinkel, über den ganzen Schraubenradius konstant[1]). Auch in der Sehnensteigung kommt der Unterschied in den Steigungsverhältnissen dieser beiden Schrauben, wenn auch etwas verschleiert zum Ausdruck. Es wird später gezeigt werden, in welch charakteristischer Weise bei den Versuchen dieser Unterschied zum Vorschein kam.

Erwähnt dürfte noch werden, daß die Querschnitte, wenn man sie mit Querschnitten von hölzernen Schrauben vergleicht, außerordentlich dünn erscheinen.

[1]) Diese Schraube ist vom Verfasser des Buches „Beitrag zur Berechnung der Luftschrauben unter Zugrundelegung der Rateauschen Theorie“ Dipl.-Ing. Cl. Dornier nach den in diesem Buch entwickelten Anschauungen konstruiert.

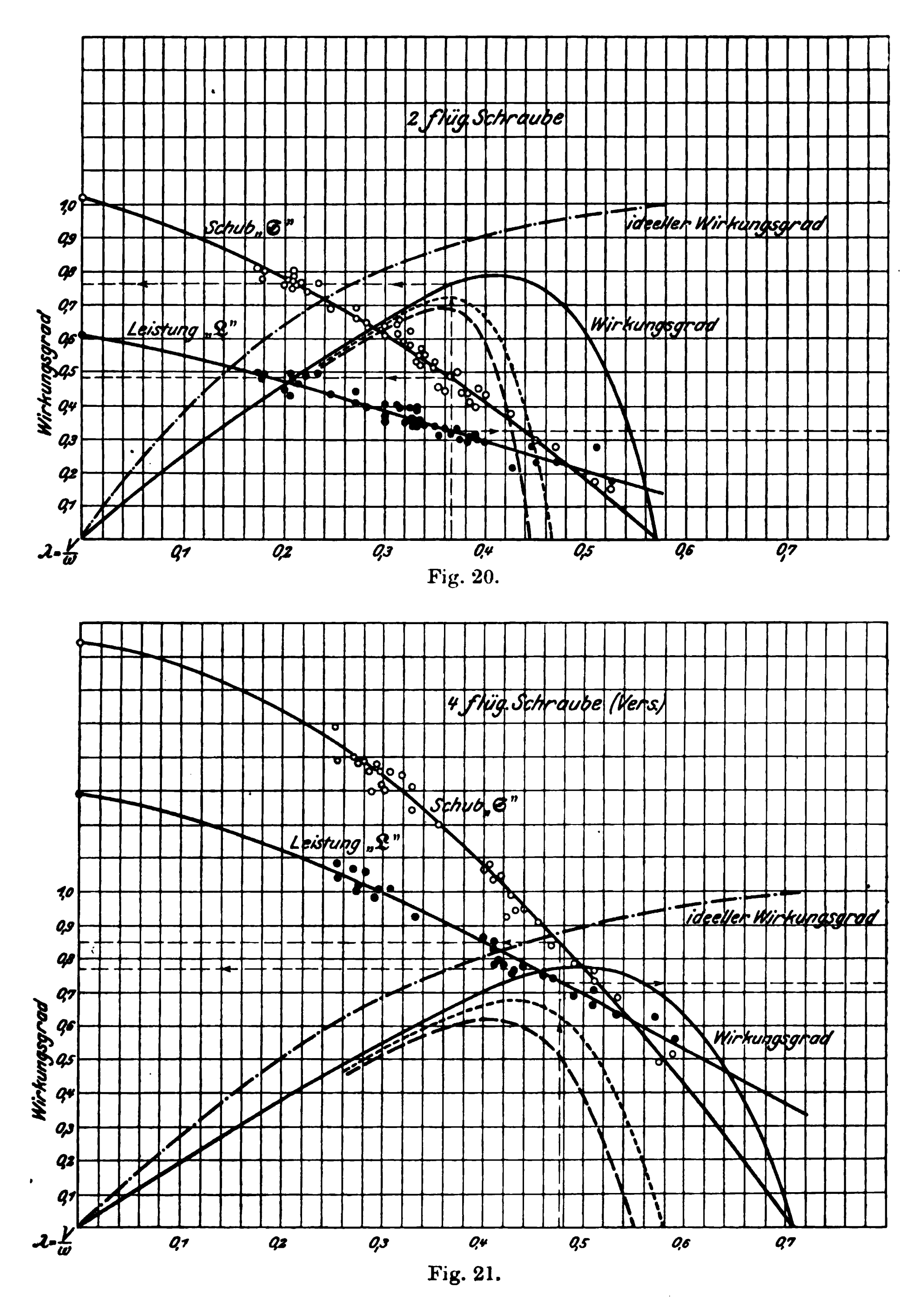


Fig. 20.

Fig. 21.

In den Figuren 20, 21, 22[1]) sind nun die auf der Fahrt ermittelten Werte in bekannter Weise abhängig von λ, in diesem Fall ausgedrückt durch $\frac{v}{\omega}$, aufgetragen

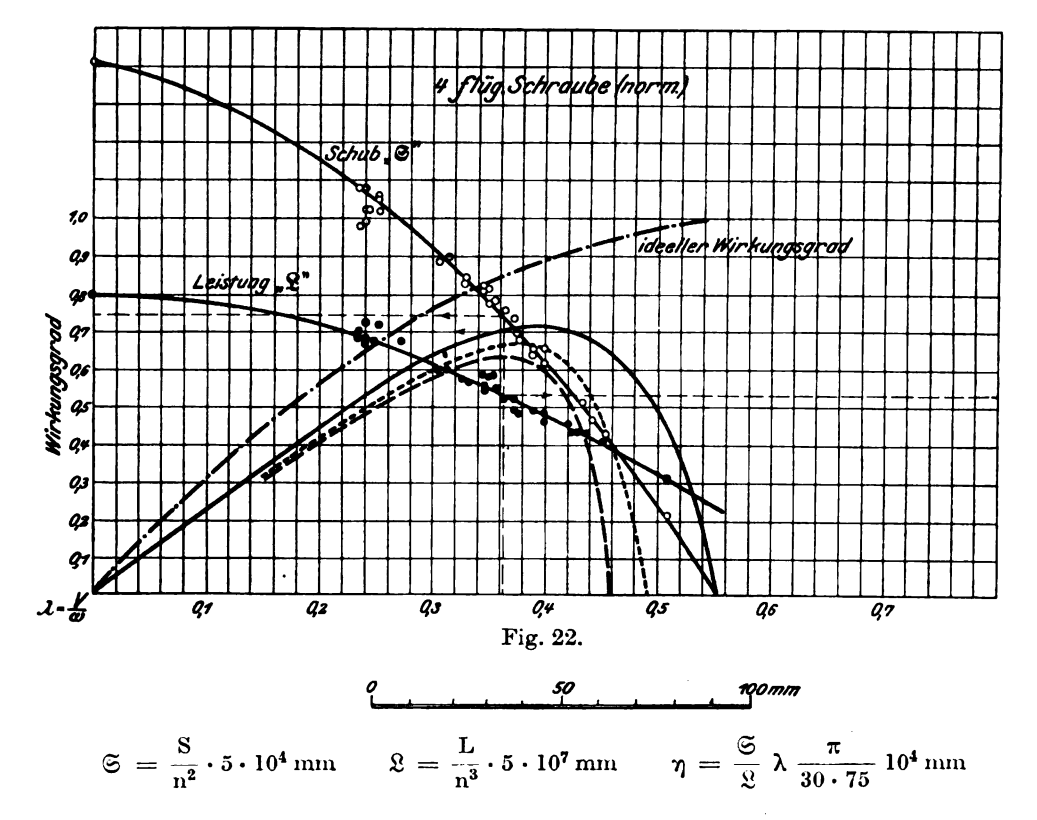


Fig. 22.

$$\mathfrak{S} = \frac{S}{n^2} \cdot 5 \cdot 10^4 \text{ mm} \qquad \mathfrak{L} = \frac{L}{n^3} \cdot 5 \cdot 10^7 \text{ mm} \qquad \eta = \frac{\mathfrak{S}}{\mathfrak{L}} \lambda \frac{\pi}{30 \cdot 75} 10^4 \text{ mm}$$

Fig. 20—22. Schraubendiagramme.

(Marschgeschwindigkeit durch Winkelgeschwindigkeit). Schub und Leistung waren aus bestimmten äußeren Gründen[2]) nicht in Form des dimensionslosen Schub- und Drehmomentskoeffizienten ψ und μ, sondern in der Form von $\mathfrak{S}$ und $\mathfrak{L}$ aufgetragen, wobei

$$\mathfrak{S} = \frac{S}{n^2} 5 \cdot 10^4 \text{ in mm} \qquad \mathfrak{L} = \frac{L}{n^3} 5 \cdot 10^7 \text{ in mm}$$

S = Schub in kg, n = Umdr. p. Min., L = Leistung in PS.

Die Versuchspunkte sind bis auf wenige ganz verstreut liegende Punkte eingetragen.

Wie zu erwarten war, wird bei den beiden normalen Schrauben infolge ihrer gleichen Steigung der Schub bei angenähert dem gleichen λ zu 0.

Bei der Versuchsschraube mit ihrer größeren Steigung liegt dieser Punkt bei einem erheblich größeren λ.

Die Wirkungsgradkurven zeigen äußerst charakteristische Unterschiede. Obgleich die Flügel der beiden normalen Schrauben einander vollkommen gleich

[1]) Die mühevolle und zeitraubende Auswertung der Versuche geschah durch die Herren Dornier und Schüle †.

[2]) Mitteilungen des LZ VI, Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt 1912, Heft 20.

sind, weichen die η-Kurven wesentlich voneinander ab. Um die Wirkungsgradkurven besser miteinander vergleichen zu können, hat Herr Betz[1]) nach einem Vorschlag von Prof. Prandtl die η-Kurven abhängig von einer als Belastungsmaß bezeichneten Größe $\varkappa = \frac{\lambda}{\lambda + \sqrt{\varphi}}$ aufgetragen. Hierdurch kommen die charakteristischen Unterschiede der η-Kurven klar zum Vorschein. Für den Praktiker haften der Methode noch 2 Nachteile an: Schub- und Leistungskurve können auf diesem Diagramm nicht aufgetragen werden, und der Begriff „Belastungsmaß" ist nicht leicht praktisch zu erfassen. Es wurde daher versucht, die Kurven ab-

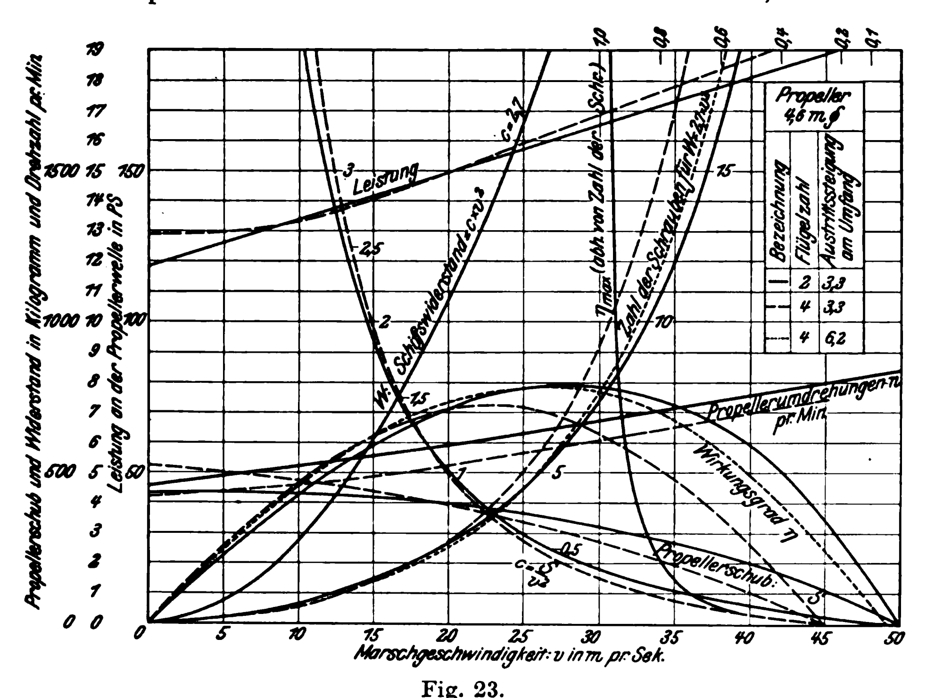


Fig. 23.

hängig von der Geschwindigkeit aufzutragen; dies hat den Vorteil, daß dann neben den Verhältnissen der Schraubeneigenschaften gleichzeitig die Widerstandsverhältnisse des Fahrzeugs und das Zusammenwirken dieser Verhältnisse sowie auch das Zusammenarbeiten mehrerer Schrauben übersehen werden kann. Das Auftragen der Kurven in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit kann beispielsweise ausgeführt werden, wenn die Umdrehungszahl konstant gehalten wird; λ wird dann proportional v. Da dies aber praktisch nicht brauchbare Werte gibt, wurde in Figur 23 ein anderer Weg eingeschlagen.

Diagramm zur Untersuchung und Veranschaulichung verwickelter Antriebsverhältnisse.

Es wurde die Schraube in Verbindung mit ihrem Motor betrachtet; es entspricht dann, natürlich bei ganz geöffnetem Vergaser, jeder Marsch

[1]) Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt 1914, Heft 5, S. 76.

geschwindigkeit eine ganz bestimmte Umdrehungszahl und damit ein ganz bestimmter Schub und eine ganz bestimmte Leistung.

Um die Kurven der Maschineneinheit: Motor—Luftschraube aufzeichnen zu können, ist es notwendig, die Leistungskurve des Motors zu kennen, wie sie beispielsweise in Fig. 24 dargestellt ist. Man wird diese Kurve, um sich das Auftragen bequemer zu machen, so umzeichnen, daß auf der Abszisse schon die Schraubenumdrehungszahlen als Ordinaten die Leistungen an der Propellerwelle (Motorleistung mal Wirkungsgrad der Übertragung) aufgetragen sind. Immerhin erfordert die Arbeit, die Luftschraubenkurven 20—22 mit der Motorleistungskurve 24 zu verquicken, einige Kunstgriffe und die Kontrolle für jeden Punkt, ob Leistung und Umdrehungszahl für beide Kurvenarten miteinander im Einklang stehen.

Sind die Schrauben auf der Motorwelle aufgekeilt, so ist auch die Lage der verschiedenen Kurven zueinander auf dem Diagramm eindeutig. Ist zwischen Motor und Schraube eine Übersetzung eingeschaltet, so kann durch Veränderung der Übersetzungen die Lage der Kurven zueinander beliebig verschoben werden. Die Wahl dieser Übersetzungen wird man natürlich nach irgendeinem praktischen Gesichtspunkt treffen. Bei der Aufstellung der gezeichneten Kurven wurde beispielsweise davon ausgegangen, daß bei drei zusammenarbeitenden Schrauben die Maschinenumdrehungszahl 1200 betragen soll. Es ist das ein rein praktischer und natürlicher Gesichtspunkt, daß eine gewisse Maschinendrehungszahl nicht überschritten werden soll. Betrachten wir die abhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit v als Abszisse aufgetragenen Kurven näher, so sehen wir, daß die Schubkurven das gewohnte Aussehen haben (siehe auch Fig. 20, 21, 22), die Leistungskurven dagegen nehmen mit wachsendem v zu, wie dies den tatsächlichen Verhältnissen auch entspricht, denn auch die Kurve der Umdrehungen wächst mit dem v. Wird die Schubkurve gleichzeitig als Widerstandskurve aufgefaßt, was dann zutrifft, wenn nur eine Schraube am Fahrzeug vorhanden ist, so kann man aus ihr eine Kurve der Momentanwerte der scheinbaren Widerstandskoeffizienten ableiten.

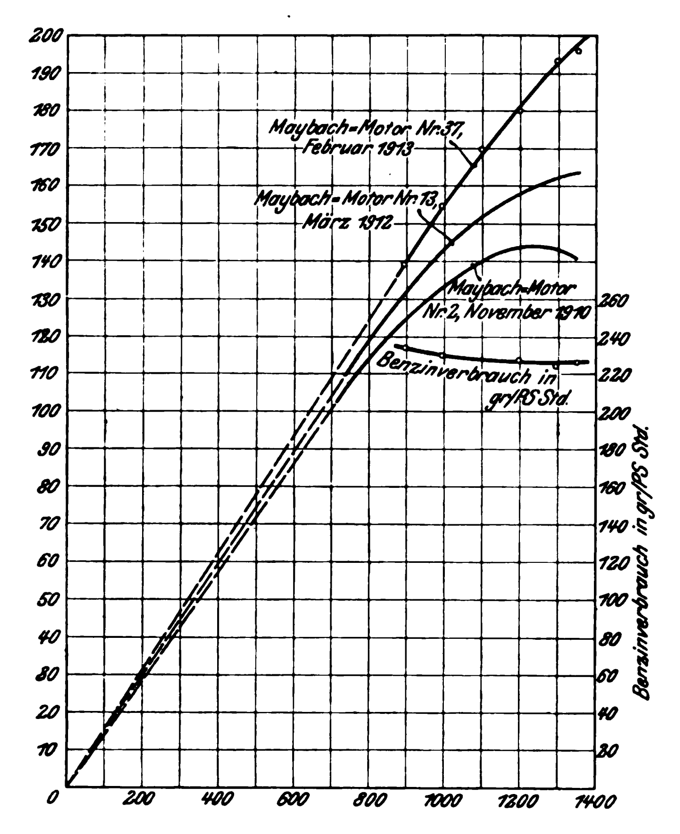


Fig. 24. Bremsversuch mit Motor Nr. 37.

Dieser Koeffizient c ist dann $\frac{S}{v^2}$. Die Kurve hat den Charakter der Kotangentenlinie, läuft also von $+\infty$ auf 0. Kennt man von einem Fahrzeug den Widerstandskoeffizienten c, er sei beispielsweise = 1,0, so kann man unmittelbar sehen, daß mit der betreffenden Schrauben-Motoreinheit bei der einen Schraube 19,8, bei der anderen 20,0 m/sec erreicht werden. Hat das Fahrzeug zwei Schrauben, so nimmt das c auf die Hälfte = 0,5 ab. Die Geschwindigkeiten werden dann 25,6 m/sec betragen. Die Widerstandskurve eines bestimmten Fahrzeuges stellt sich auf diesem Diagramm als Parabel mit dem Scheitel im Ordinaten-O-Punkt dar. Schiffswiderstand $W = c\,v^2$. Suchen wir den Schnittpunkt zwischen Widerstandskurve und Schubkurve, so erkennen wir, welche Geschwindigkeit dieses bestimmte Fahrzeug mit einer Schraube erreichen wird. (Hier beispielsweise 12,5—12,9). Suchen wir auf diese Weise die Schnittpunkte der Widerstandskurve auf mit den Schüben von 2, 3, 4 usw. Schrauben, so bekommen wir die Kurve der Schraubenzahlen für das betreffende Fahrzeug. Sie ist die reziproke Kurve der c-Kurve, also ähnlich einer Tangentenlinie. Sie ist aufgestellt für ein bestimmtes Schrauben-Maschinenaggregat und ein bestimmtes Fahrzeug. Bei fünf Schrauben werden beispielsweise 25 bzw. 26 m/sec erreicht.

Durch diese Darstellungsweise ist es nun ermöglicht, die Wirkungsgradkurven in einwandfreier Weise miteinander zu vergleichen. Die ausgezogene Linie bezieht sich auf die normale zweiflügelige Schraube, die gestrichelte auf die normale vierflügelige, die punktierte auf die vierflügelige Versuchsschraube. Man sieht, wie für Fahrzeuge von großem Widerstand (großes c auf der c-Kurve) oder bei einer geringen Schraubenzahl die eine Schraube besser ist, für einen geringen Widerstand oder viele Schrauben die andere. Die vierflügelige Schraube ist besser für den ersten Fall, die zweiflügelige für den zweiten. Die vierflügelige Versuchsschraube wird beiden Fällen gerecht.

Bei der Aufstellung der Kurven sind zwei Vereinfachungen gemacht worden:

1. Es ist vorausgesetzt, daß je ein Motor je eine Schraube antreibt,

2. daß die Schrauben sich nicht gegenseitig beeinflussen. Bei den bisherigen Z-Schiffen trifft beispielsweise die erste Voraussetzung nicht zu, denn der Motor in der vorderen Gondel treibt gleichzeitig zwei Schrauben an. Auch diesem Fall kann im Diagramm leicht Rechnung getragen werden, und zwar auf folgende Weise: Bei drei Maschinen und drei vierflügeligen Schrauben würde eine Geschwindigkeit von 21 m erreicht bei einem η der vierflügeligen Schrauben von 71,5%. Nun arbeitet aber der vordere Motor gleichzeitig an 2 zweiflügeligen Schrauben; jede dieser vorderen zweiflügeligen Schrauben hat also nur die Hälfte von $1/3 = 1/6$ der Gesamtleistung aufzunehmen, es liegen demnach für deren η die Verhältnisse vor, als wären sechs Schrauben vorhanden. Es läßt sich nämlich leicht nachweisen, daß bei einer bestimmten Schraube und einem bestimmten Fahrzeug das η nicht abhängig ist von der Leistung und der Geschwindigkeit, sondern nur von der Zahl der Schrauben[1]). Wir bekommen also für die zweiflügelige

[1]) Dies geht aus dem für den Schraubenschub (S) einerseits und für den Fahrzeugwiderstand (W) andererseits geltenden quadratischen Gesetz hervor; ersteres besagt, daß

Schraube $\eta = 78{,}5\,\%$. Das Durchschnitts-η wird dann: $\frac{2 \cdot 71{,}5 + 78{,}5}{3} = 73{,}8$, die Nutzarbeit also um 2,3 % größer, als vorher ermittelt; die Geschwindigkeit wird dann $\sqrt[3]{1{,}023} = 1{,}008$ mal so groß, also 21,17 statt 21,0 m sec.

Auf die zweite Voraussetzung soll nun noch eingegangen werden: Dadurch, daß bei den Z-Schiffen die hinteren Schrauben in der Verlängerung der Achse der vorderen Schrauben angebracht sind, werden sie von diesen beeinflußt. Um diese Beeinflussung kennen zu lernen, hatte man, wie bei der Beschreibung der Versuche schon erwähnt, die vor der zu untersuchenden Schraube befindliche Schraube einmal mit voller, einmal mit halber Leistung und einmal gar nicht mitlaufen lassen. Bei der Auswertung der Versuche ergaben sich dann je dreierlei Kurven für Schub, Leistung und Wirkungsgrad. Auf den Bildern 20,21 und 22 sind nur die Wirkungsgradkurven eingezeichnet, und zwar gelten die gestrichelten Kurven für den Fall, daß die vordere Schraube mit halber Leistung arbeitete, die punktierten Kurven für den Fall, daß die vordere Schraube mit voller Leistung lief. Die Beeinflussung tritt deutlicher zutage aus folgender Zahlentafel.

Einfluß der vorderen Schrauben auf die hinteren Schrauben bei v = 18 m/sec und L = 150 PS.

	Zweiflügel. norm.		Vierflügel. norm.		Vierflügel. Vers.	
	ungestört	gestört	ungestört	gestört	ungestört	gestört
n	590	625	520	555	455	475
S	387	375	392	348	415	362
η	69	66,5	70	62	74	64,5

Man sieht auch hier die verschiedene Beeinflussung der verschiedenen Schrauben. Während die Umdrehungszahlen bei allen um 5—6 % zunehmen, ist der Einfluß auf den Wirkungsgrad sehr verschieden, am kleinsten bei der zweiflügeligen Schraube, am größten bei der vierflügeligen Versuchsschraube. Die ungünstige Beeinflussung kann aus einer von der vorderen Schraube herrührenden Erhöhung der Luftgeschwindigkeit vor der hinteren Schraube nicht erklärt werden; nur eine geringe Geschwindigkeitserhöhung konnte zeitweise festgestellt werden. Die Beeinflussung kann vielleicht ihren Grund in einer veränderten Struktur der Luft haben. Systematische Versuche nach dieser Richtung dürften als sehr interessant zur Vornahme empfohlen werden.

$S = \text{const}_1 \cdot n^2$, solange $\frac{v}{n}$ eine Konstante ($= \lambda$) bleibt. Man kann also auch schreiben: $S = \frac{\text{const}_1}{\lambda^2} \cdot v^2$. Der Fahrzeugwiderstand $W = \text{const}_2 \cdot v^2$. Da im Beharrungszustand $W = S$, ist, so ergibt sich, daß $\text{const}_2 = \frac{\text{const}_1}{\lambda^2}$ und hieraus, daß für ein bestimmtes Fahrzeug λ eine Konstante ist. Zu einem bestimmten λ aber gehört, wie aus den Figuren 20, 21 und 22 hervorgeht nur ein bestimmter η-Wert.

Sind x Schrauben am Fahrzeug im Betrieb, so kann dies so aufgefaßt werden, als habe der von jeder Schraube zu überwindende Widerstand um das x fache abgenommen, arbeite also an einem Fahrzeug vom Widerstand $\frac{\text{const}_2}{x} \cdot v^2$; diesem aber ist ein anderes, größeres λ zugeordnet, dem nun wiederum ein anderer, bestimmter η-Wert entspricht.

Luftgeschwindigkeitsmessungen vor und hinter der Schraube.

Wie bei der Beschreibung der Schraubenprüfungseinrichtung schon erwähnt, waren vor und hinter der Schraube Stauröhren angebracht, um die Luftgeschwindigkeit dort zu messen. Diese Messungen wurden am Stand und während sämtlicher Schraubenprüffahrten ausgeführt.

Figur 25 zeigt die ermittelten Geschwindigkeiten zunächst am Stand an der zweiflügeligen Schraube bei n = 410.

Die Geschwindigkeiten sind gemessen je in 1 m Abstand vor der Schraube und hinter der Schraube[1]). Es sollen also unbekümmert darum, was zwischen diesen beiden Ebenen vor sich geht, die Verhältnisse in diesen beiden Ebenen ins Auge gefaßt werden. Kurve 1 stellt die Verteilung der Geschwindigkeit (v_1) vor der Schraube dar, Kurve 2 (v_2) hinter der Schraube. Es soll nun zur Ermittlung des Schubs in der Meßebene hinter der Schraube, zunächst der Schübe auf der Flächeneinheit, geschritten werden. Der Schub ist bekanntermaßen[2]) $= \mu Q v$. Die Luftmenge Q ist bei Ermittlung

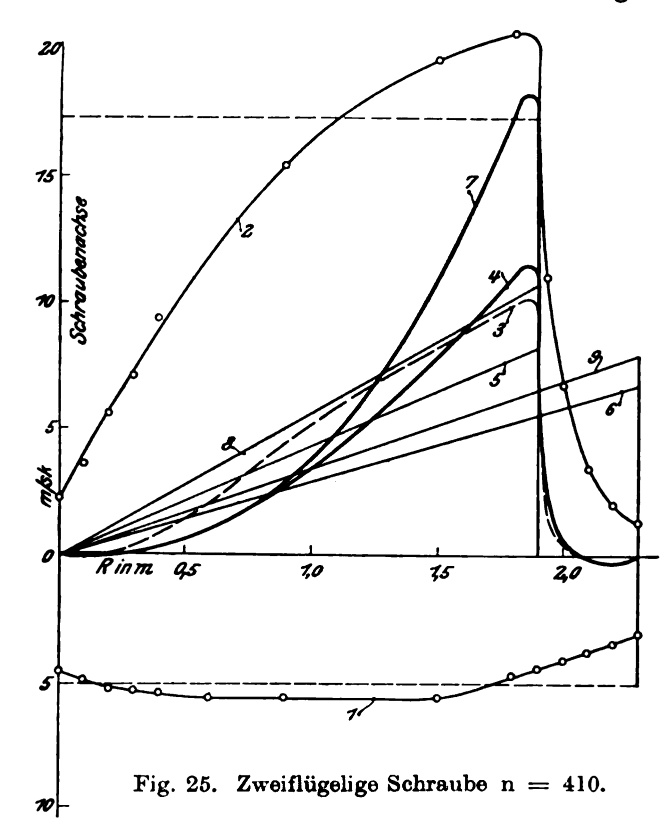


Fig. 25. Zweiflügelige Schraube n = 410.

1 v_1 Luftgeschw. vor der Schraube

2 v_2 „ hinter „ „

3 $\mathfrak{f}$ Schub auf Flächeneinheit $= \frac{v_2 \cdot (v_2 - v_1)\,\mu}{n^2}$

4 $\mathfrak{S}_u$ „ „ Umfang $= \mathfrak{f} \cdot 2\,R\,\pi$

7 $\mathfrak{L}_u$ Schubarbeit auf Umfang $= \mathfrak{S}_u \cdot \frac{v_2 - v_1}{2}$

Fläche 7 $\Sigma(\mathfrak{L}_u)$ Schubarbeit $L_s = \frac{\text{Fläche} \times n^2}{75} = 29{,}4$ PS

„ 8 „ „ „ 28,0 „

„ 9 „ „ „ 25,4 „

Äußere Arbeit $L_a = \frac{S \cdot v_1}{75} = 23{,}1$ PS

gemessene Gesamtarbeit L = 84 „

$L_s + L_a = 52{,}5$ „ $= 0{,}62 \cdot L$

[1]) Im Abstand von 0,5 m vor und hinter der Schraube wurde auch versucht, den reinen statischen Druck zu messen. Die größten ermittelten Drücke waren: auf der Saugseite — 16 mm WS., auf der Druckseite + 4 mm WS.

[2]) Prof. Bendemann, Zeitschrift d. Vereins deutscher Ingenieure 1910, Heft 20, S. 790.

des Schubs auf der Flächeneinheit ausgedrückt durch die Geschwindigkeit v_2. Der Schub ist dann $\frac{v_2 (v_2 - v_1) \mu}{n\,2}$. Die Kurve 3 stellt diese spezifischen Schübe abhängig vom Radius aufgetragen dar. Die Verteilung der spezifischen Schübe über die gesamte Schraubenfläche wäre dann dargestellt durch einen Rotationskörper, der durch Rotation der Kurve 3 um die Schraubenachse entsteht.

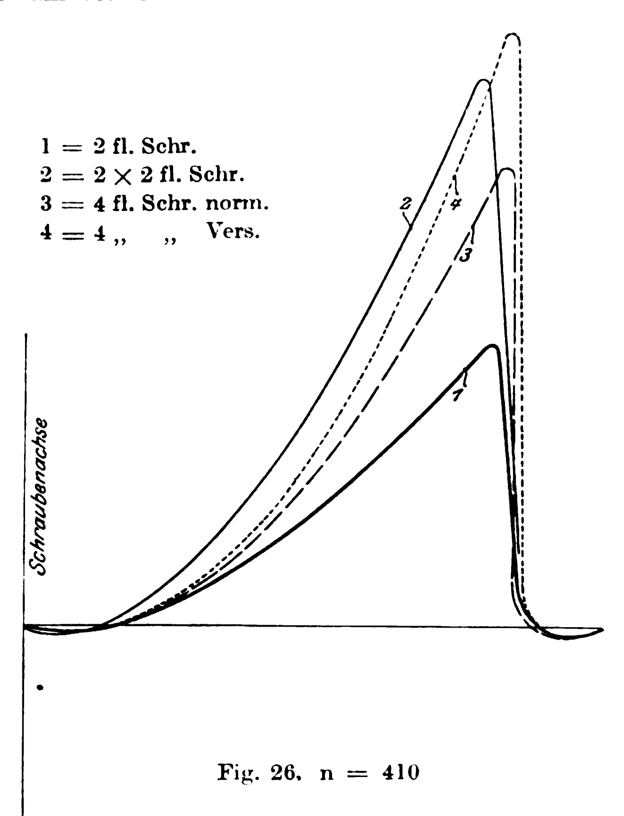


Fig. 26. n = 410

1	$\Sigma(\mathfrak{S}_u) \cdot n^2$ =	S =	Schub =	329 kg	(gemessen:	340 kg)
2	„	„	„	658 „	„	680 „
3	„	„	„	495 „	„	485 „
4	„	„	„	627 „	„	645 „

Zur Ermittlung des ganzen Schubs müßte der spezifische Schub 3 über die Schraubenfläche integriert werden. Dies kann durch Herstellung einer planimetrierbaren Kurve 4 geschehen. Sie ist dadurch entstanden, daß die Ordinaten der Kurve 3 mit dem Umfang, der zu dem Radius, auf dem sie stehen, gehört, multipliziert wurden.

Nach Ausführung der Planimetrierung und der Vermehrung um n^2 findet man einen Schub von 329 kg. Der gemessene Schub betrug 340 kg. Ebenso wurde verfahren für die beiden anderen Schrauben (Fig. 26). In allen Fällen findet man eine gute Übereinstimmung zwischen den aus der Geschwindigkeit ermittelten und den unmittelbar gemessenen Schüben. Nachdem nun auf diese Weise der Weg, aus der Geschwindigkeitsverteilung für die Wirkung der Schraube weitere Anhaltspunkte zu bekommen, sich als gangbar erwiesen hatte, wurde dazu übergegangen, die Schubarbeit zu bestimmen und die Größe der Beeinflussung, die sie erfährt, durch die ungleichmäßige Verteilung von Geschwindigkeit und Schub über die Schraubenfläche. Die Schubarbeit, wieder ganz allgemein, ist dargestellt durch $\frac{Q\,v^2}{2}$ oder $\frac{P\,v}{2}$, in unserem Falle also $= \mathfrak{S}_u \cdot \frac{v_2 - v_1}{2}$. Auf diese Weise ist Kurve 7 entstanden. Planimetriert gibt sie 29,4 PS. Wäre die Geschwindigkeit ganz gleichmäßig verteilt über die Schraubenfläche, so wäre unter Berücksichtigung der Kontraktion die planimetrierbare Schubkurve dargestellt durch Dreieck 5, die Leistungskurve durch Dreieck 8. Wäre vollends die Kontraktion nicht vorhanden,

so würde die Leistungskurve 9 entstehen. Kurve 8 entspricht 28 PS, Kurve 9 25,4 PS. Interessant ist nur das Verhältnis 29,4 zu 28 PS. Die letztere Leistung ist um 5% geringer als die erste. Soviel wird also an Leistung verloren durch die ungleichmäßige Geschwindigkeitsverteilung.

Fig. 27. Zweiflügelige Schraube.

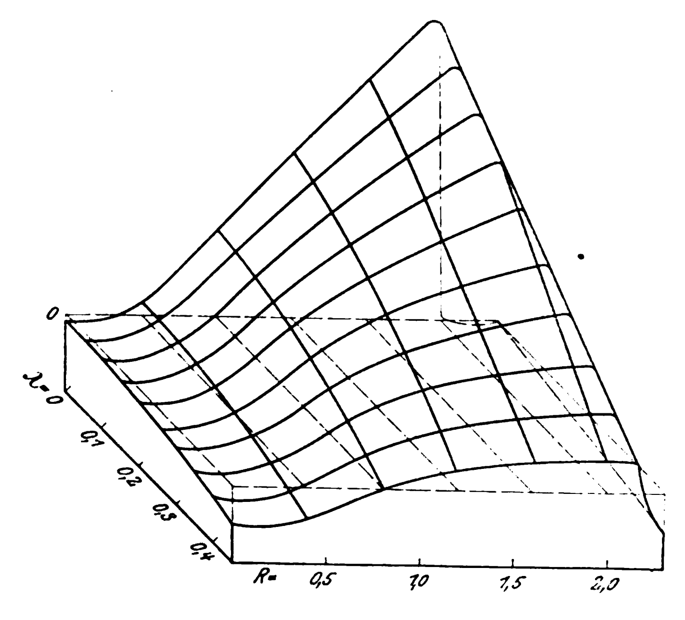


Fig. 28. Vierflügelige Schraube normal.

Daraus, daß die Geschwindigkeit vor der Schraube nicht 0 ist, sehen wir, daß wir es nicht mit einem reinen Standversuch zu tun haben. Es wird nämlich auch äußere Arbeit geleistet, dargestellt durch das Produkt aus Schub mal v_1; sie beträgt 23,1 PS. Es wurde tatsächlich äußere Arbeit geleistet, denn in der Halle, in der der Versuch angestellt war, wurde eine Windströmung aufrecht erhalten, die auch während mehrerer Sekunden nach Stillsetzen der Schrauben bestehen blieb.

Schubarbeit und äußere Arbeit zusammen betragen 52,5 PS. Dies bezogen auf die wirklich aufgewendete Arbeit von 84 PS. ergibt einen Gesamtwirkungsgrad oder Gütegrad von 62%.

In Figur 27, 28, 29 ist dargestellt, wie sich die spezifischen Schubkurven mit zunehmender Fahrt oder zunehmendem λ verändern. Während, wie gezeigt war, am Stand die gemessenen mit den planimetrierten Werten gut übereinstimmten, nimmt diese Übereinstimmung mit zunehmendem λ ab. Eine Erklärung hierfür konnte noch nicht gefunden werden.

Die Kurven der normalen zweiflügeligen (Fig. 27) und vierflügeligen (Fig. 28) Schrauben sind einander ähnlich, sie sind nur durch den Maßstab voneinander verschieden. Anders die Kurven der vierflügeligen Versuchsschraube (Fig. 29). Diese laufen spitzer zu. Besser zu sehen ist dieser Unterschied in Fig. 30. Man

sieht die Gleichartigkeit der Kurven e und f und den anderen Charakter der Kurve g.

Mit dieser Feststellung war der Hauptzweck dieser Untersuchungen erfüllt: Es war jetzt durch Versuch festgestellt, welchen Einfluß eine variable und eine ziemlich konstante Steigung des Schraubenflügels auf die Verteilung von Geschwindigkeit und Schub über die Schraubenfläche ausübt.

Nun ist noch zu untersuchen, wie sich dieser Einfluß auf die zu leistende Schubarbeit äußert. Von vornherein ist schon klar und aus den Versuchen am Stand zu ersehen, daß bei ungleichmäßiger Verteilung eine größere Schubarbeit geleistet werden muß. Aus den Schubarbeitskurven k und l ist der Einfluß deutlich zu erkennen. Während bei der Schraube mit konstanter Steigung bei 20 m Geschwindigkeit und 400 kg Schub eine Schubarbeit von 24,4 PS aufzuwenden ist, erfordert die Schraube mit veränderlicher Steigung 26,5 PS. Es ist also ein Unterschied von 8,5 v. H. vorhanden[1]). Auf die Gesamtleistung bezogen, bedeuten diese 8,5 v. H. 1,4 v. H. oder, in Geschwindigkeit ausgedrückt, statt 20 m 20,1 m/sec. Man sieht also, daß solche Einzelheiten in der Schraubenkonstruktion doch sehr an Bedeutung zurücktreten, gegenüber der richtigen Wahl von Gesamtsteigung und Umdrehungszahl und der günstigen Gestaltung der Flügelquerschnitte. Sollte es freilich gelingen, was übrigens sehr unwahrscheinlich ist, eine Schraube zu bauen, bei der die Geschwindigkeit vollkommen gleichmäßig verteilt ist, so würden immerhin bei sonst gleichen Verhältnissen in unserem Beispiel 3,4 Proz. der Gesamtleistung gewonnen oder 20,25 m/sec erreicht werden.

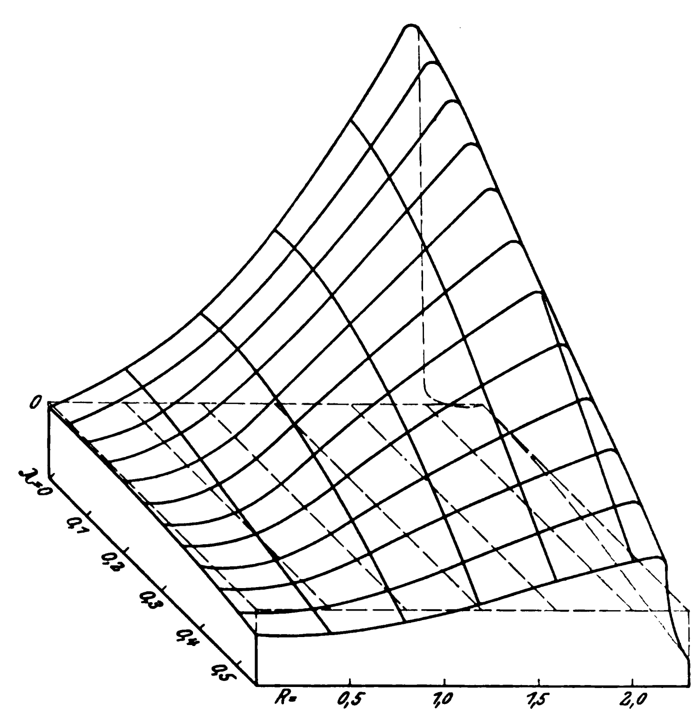
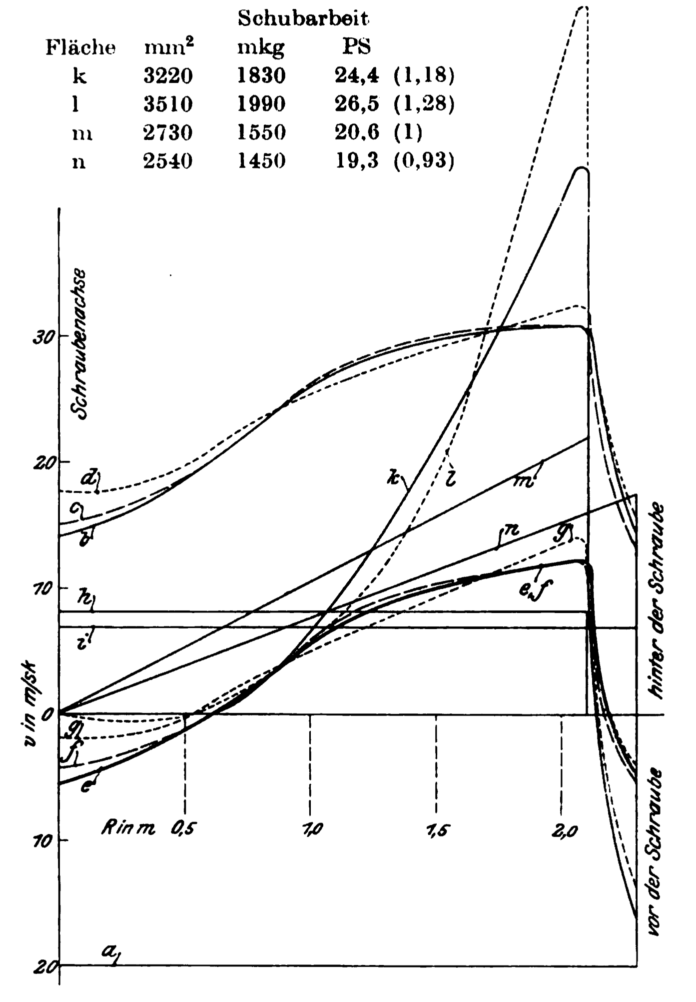


Fig. 29. Vierflügelige Versuchs-Schraube.

Zum Schlusse seien noch für eine Schraube, es ist die vierflügelige Versuchsschraube, die einzelnen aufgewendeten Arbeiten abhängig von λ aufgetragen dargestellt (Fig. 31). Die Schubarbeit ist hierbei berechnet aus Schub mal $\frac{v}{2}$, wobei v nach

---

[1]) Gegenüber einer ganz gleichmäßigen Verteilung des Schubs beträgt bei beiden Schrauben der Mehraufwand an Schubarbeit 18 bzw. 28 Proz.



Fläche	mm²	Schubarbeit mkg	PS	
k	3220	1830	24,4	(1,18)
l	3510	1990	26,5	(1,28)
m	2730	1550	20,6	(1)
n	2540	1450	19,3	(0,93)

Fig. 30.

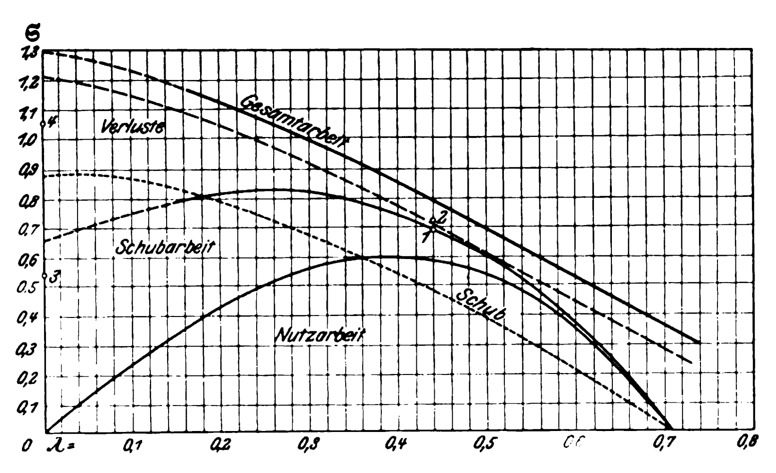


Fig. 31.

Prof. Bendemann ausgedrückt ist durch die Gleichung

$$v = V \cdot \left(\sqrt{\frac{2\,P}{\mu\,F_1\,V^2} + 1} - 1 \right)^{1)}.$$

Die beiden eingetragenen Punkte 1 und 2 stellen die aus dem vorher gezeigten Diagramm ermittelten Schubarbeitswerte dar, der obere Punkt für ungleich mäßig verteilte Geschwindigkeit, der untere für gleichmäßig verteilte. Dieser liegt, wie ja zu erwarten war, auf der errechneten Kurve. Man sieht aus der Lage des oberen Punkts, daß für Verluste durch Flügelreibung, Wirbelungen, falschgestellte Eintrittswinkel usw. nicht mehr viel übrig bleibt; es sind 8,5 Proz. Diese Verluste haben an einer Stelle ein Minimum; es ist dies bei λ 0,48—0,50 der Fall. Von diesem Punkt aus werden sie mit zunehmendem und abnehmendem λ größer. Es kommt dies daher, daß die Eintrittssteigung nicht mehr mit dem Eintrittswinkel der Luft zusammenfällt. Bei der vorliegenden Schraube mit der konstanten Eintrittssteigung von 2,9 m liegt dieser Punkt des Zusammenfalls von Eintrittssteigung und Lufteintrittswinkel zwischen $\lambda = 0,46$ und 0,48, fällt also ziemlich zusammen mit dem Minimum der Verluste und mit dem maximalen Gütegrad ζ der Schraube.

Die am Stand gewonnenen Werte für äußere Arbeit, Schubarbeit und Gesamtarbeit passen, wie man sieht, durchaus nicht in das System. Dies kommt in erster Linie daher, daß der Standversuch infolge der bewegten Luftmenge kein reiner ist, wie früher schon erwähnt[2]). Es ist zu vermuten, daß beim reinen Standversuch, der wohl nur durch Extrapolation wird gefunden werden können, Schub und Leistung höher liegen als hier ermittelt. Aber auch unter Berücksichtigung der Geschwindigkeit der bewegten Luft passen die Punkte nicht in das Diagramm; vielleicht kommt dies daher, daß der Standversuch nicht im Freien, sondern in der Bauhalle gemacht wurde.

Wenn auch durch dieses Diagramm keine restlose Verteilung der Einzelarbeiten, aus denen sich die gesamte aufgewendete Arbeit zusammensetzt, erzielt wird, so gibt es doch einen Begriff und einige Anhaltspunkte für diese Verteilung. Sollte es noch gelingen, den Standversuch in so einwandfreier Weise auszuführen, daß die bei ihm gewonnenen Meßwerte auf den durch die Fahrt ermittelten Kurven liegen, so wird es vielleicht auch möglich werden, auf Grund des Standversuchs allein die Fahrtkurven mit genügender Genauigkeit zu konstruieren und damit in der Beurteilung fertiger Schrauben eine wesentliche Vereinfachung herbeizuführen.

---

[1]) Zeitschr. d. Vereins d. Ing. 1910. Nr. 20, S. 791.

[2]) Herr Betz weist in seiner mehrfach erwähnten Arbeit auch auf diesen Mißstand hin (Zeitschr. für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt 1914, Heft 5, S. 75.).

Fläche	mm²	Schubarbeit mkg	PS
k	3220	1830	24,4 (1,18)
l	3510	1990	26,5 (1,28)
m	2730	1550	20,6 (1)
n	2540	1450	19,3 (0,93)

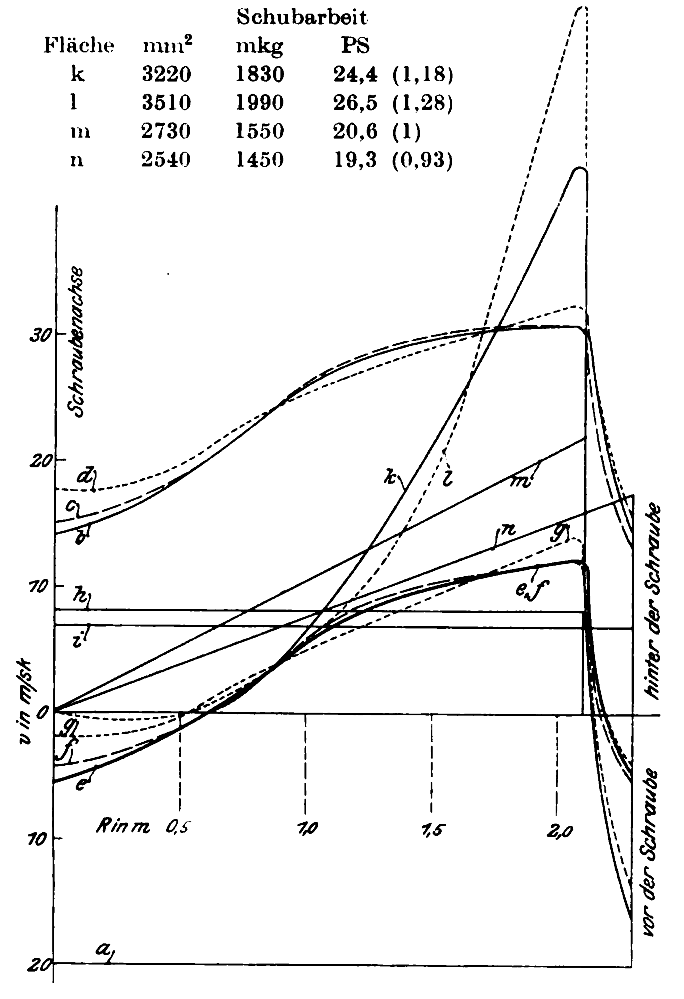


Fig. 30.

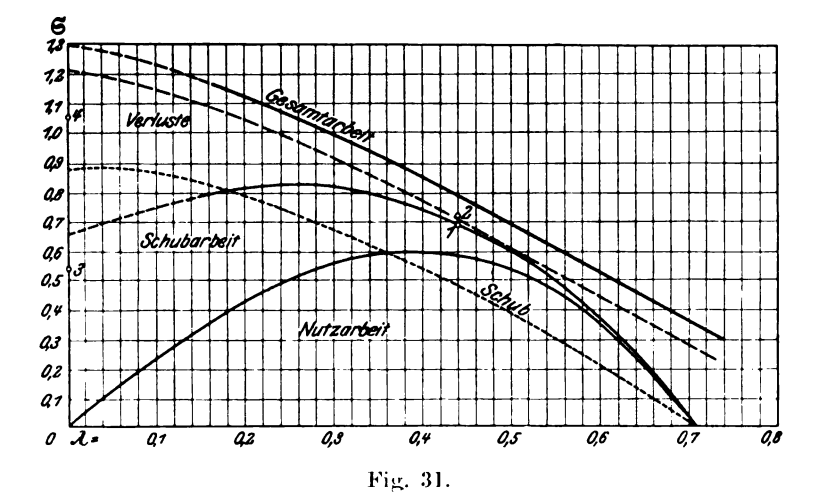


Fig. 31.

Prof. Bendemann ausgedrückt ist durch die Gleichung

$$v = V \cdot \left(\sqrt{\frac{2\,P}{\mu\,F_1\,V^2} + 1} - 1\right)^{1)}.$$

Die beiden eingetragenen Punkte 1 und 2 stellen die aus dem vorher gezeigten Diagramm ermittelten Schubarbeitswerte dar, der obere Punkt für ungleich mäßig verteilte Geschwindigkeit, der untere für gleichmäßig verteilte. Dieser liegt, wie ja zu erwarten war, auf der errechneten Kurve. Man sieht aus der Lage des oberen Punkts, daß für Verluste durch Flügelreibung, Wirbelungen, falschgestellte Eintrittswinkel usw. nicht mehr viel übrig bleibt; es sind 8,5 Proz. Diese Verluste haben an einer Stelle ein Minimum; es ist dies bei λ 0,48—0,50 der Fall. Von diesem Punkt aus werden sie mit zunehmendem und abnehmendem λ größer. Es kommt dies daher, daß die Eintrittssteigung nicht mehr mit dem Eintrittswinkel der Luft zusammenfällt. Bei der vorliegenden Schraube mit der konstanten Eintrittssteigung von 2,9 m liegt dieser Punkt des Zusammenfalls von Eintrittssteigung und Lufteintrittswinkel zwischen $\lambda = 0,46$ und 0,48, fällt also ziemlich zusammen mit dem Minimum der Verluste und mit dem maximalen Gütegrad ζ der Schraube.

Die am Stand gewonnenen Werte für äußere Arbeit, Schubarbeit und Gesamtarbeit passen, wie man sieht, durchaus nicht in das System. Dies kommt in erster Linie daher, daß der Standversuch infolge der bewegten Luftmenge kein reiner ist, wie früher schon erwähnt[2]). Es ist zu vermuten, daß beim reinen Standversuch, der wohl nur durch Extrapolation wird gefunden werden können, Schub und Leistung höher liegen als hier ermittelt. Aber auch unter Berücksichtigung der Geschwindigkeit der bewegten Luft passen die Punkte nicht in das Diagramm; vielleicht kommt dies daher, daß der Standversuch nicht im Freien, sondern in der Bauhalle gemacht wurde.

Wenn auch durch dieses Diagramm keine restlose Verteilung der Einzelarbeiten, aus denen sich die gesamte aufgewendete Arbeit zusammensetzt, erzielt wird, so gibt es doch einen Begriff und einige Anhaltspunkte für diese Verteilung. Sollte es noch gelingen, den Standversuch in so einwandfreier Weise auszuführen, daß die bei ihm gewonnenen Meßwerte auf den durch die Fahrt ermittelten Kurven liegen, so wird es vielleicht auch möglich werden, auf Grund des Standversuchs allein die Fahrtkurven mit genügender Genauigkeit zu konstruieren und damit in der Beurteilung fertiger Schrauben eine wesentliche Vereinfachung herbeizuführen.

---

[1]) Zeitschr. d. Vereins d. Ing. 1910, Nr. 20, S. 791.

[2]) Herr Betz weist in seiner mehrfach erwähnten Arbeit auch auf diesen Mißstand hin (Zeitschr. für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt 1914, Heft 5, S. 75.).

Jahrbuch der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt

III. Band 1914/15

2. Lieferung



Berlin
Verlag von Julius Springer
1915

Inhaltsverzeichnis.

Vorträge der dritten ordentlichen Mitgliederversammlung 1914.

Seite

„Zur Festlegung einiger aeromechanischer Begriffe". Prof. R. Knoller, Wien 103

Diskussion zu diesem Vortrag 109

„Längsstabilität und Längsschwingungen von Flugzeugen". Prof. Dr. von Kármán, Aachen, mit Beiträgen von Dr. Trefftz, Aachen 116

Diskussion zu diesem Vortrag 138

„Das Indizieren von Flugmotoren". Geheimer Hofrat Prof. Scheit, Dresden . . . 163

Ergänzungsreferat hierzu: Dr.-Ing. Mader, Aachen. 165

Diskussion zu diesen Vorträgen 168

„Über Flugmotorenuntersuchungen". Dr.-Ing. Freiherr von Doblhoff, Tribuswinkel (Niederösterreich) 171

Ergänzungsreferat hierzu: Dipl.-Ing. Seppeler, Adlershof 177

Diskussion zu diesen Vorträgen 184

Zur Festlegung einiger aeromechanischer Begriffe.

Von

R. Knoller-Wien.

Ein großer Teil unserer aeromechanischen Kenntnisse ist nicht im Wege der strengen hydrodynamischen Theorie gewonnen worden. Weil die Anwendung derselben auf die technisch wichtigen Probleme fast in allen Fällen außergewöhnliche Schwierigkeiten bietet, hat man die Lösungen unter Zugrundelegung vereinfachender Vorstellungen und durch Deutung von Versuchsergebnissen gesucht. Erst jetzt ist man daran, den Anschluß an die strenge Theorie herzustellen.

Dieser eigentümliche Entwicklungsgang hat seine Spuren in der Unsicherheit einzelner Grundanschauungen und der mangelnden Schärfe mancher Begriffsumgrenzung hinterlassen. Die Klarstellung einiger Punkte soll im folgenden versucht werden.

Druckeinheit. Die wichtigsten Widerstandskräfte, jene, welche von der Trägheit der Flüssigkeit herrühren, wachsen mit dem Quadrate der linearen Körpergröße. Sie werden daher durch ein Druckmaß gemessen. Da sie außerdem proportional dem Einheitsgewichte γ der Flüssigkeit und dem Quadrate der Geschwindigkeit sind, werden die Angaben für beliebige Flüssigkeiten und Geschwindigkeiten gültig, wenn ein Druckmaß $p = \text{konst.}\ \gamma \cdot v^2$ gewählt wird. Ein solches Maß ist beispielsweise der Strömungsdruck $p = \gamma \frac{v^2}{2g}$ gleich dem statischen Drucke einer Flüssigkeitssäule von der Geschwindigkeits- oder Steighöhe. Er wird in der Hydraulik ganz allgemein als dynamische Druckeinheit verwendet, insbesondere auch zur Messung der Strömungswiderstände.

Als Maß der Bewegungswiderstände in freier Flüssigkeit findet man in älteren Quellen (so auch in der ausführlichen Zusammenstellung von Widerstandsversuchen bei Grashof) dieselbe Einheit in Gebrauch. Beurteilt man die Widerstandserscheinungen nach dem Satze vom mechanischen Antriebe, so erscheint die Wahl einer doppelt so großen Druckeinheit natürlicher; man schreibt sie bequemer $p = \mu v^2$, wo μ die Masse der Raumeinheit, die Dichte der Flüssigkeit bezeichnet. Nach Newtons Meinung sollte dies der Widerstand der Flächeneinheit einer querstehenden Platte sein. Lilienthal und Lößl haben nach Versuchen in turbulenten Strömungen und mit Rundlaufvorrichtungen von ungeeigneten Größenverhältnissen an das Zutreffen dieser Beziehung geglaubt und bezogen daher ihre Widerstandsangaben auf die Einheit μv^2. Obwohl nun der Irrtum dieser Anschauung zweifellos erkannt ist und die Methode der Hydrodynamik immer weitere Gebiete erobert, hat sich die Einheit fortgeerbt. Ehe dies zur unabänderlichen

Regel geworden ist, sollte über die Zweckmäßigkeit und Bedeutung einer solchen Einführung Klarheit bestehen.

Vom Standpunkte der Wissenschaft betrachtet, dürfte nach den vorgebrachten Andeutungen die Verwendung einer anderen als der hydrodynamischen Einheit kaum zu rechtfertigen sein. Es sind aber auch einige Punkte von nicht zu unterschätzender praktischer Bedeutung zu berücksichtigen; denn die wichtigsten Grundzahlen, die beim Bau der Luftfahrzeuge gebraucht und dazu von den Versuchsanstalten der Industrie geliefert werden, fußen auf der Druckeinheit. Dies gilt, wenn man Widerstandsziffern angibt und besonders dann, wenn man die bei einem bestimmten Drucke gewogenen Widerstände unmittelbar mitteilt, wie es bei Untersuchungen an ganzen Flugzeugmodellen zweckmäßig ist. Es fördert nicht die Klarheit, wenn man dabei nur die Windgeschwindigkeit angibt; diese wird selbst weder gemessen noch geregelt und bedingt außerdem die Festsetzung eines Normalzustandes. Macht man hingegen diese Angabe nur nebenher und beiläufig, als Erläuterung der Druckangabe, so kann man sie mit einer beliebigen, passend scheinenden Dichte berechnen, z. B. mit $\mu = 0{,}120$, wie es 15° C und 735 mm entspricht.

Es wird nun dabei sehr störend empfunden, daß die Newtonsche Druckeinheit keine anerkannte und mit einer Vorstellung zu verbindende Benennung hat, und daß sie sowie die Widerstandsziffern nicht leicht anders als durch die Widerstandsformel zu definieren ist. Bei Angabe der gewogenen Widerstände wird man, um Irrtümer zu vermeiden, etwa beifügen müssen: Gemessen bei einem Strömungsdruck von 20 mm Wassersäule, entsprechend einem Einheitsdruck von 40 kg/m² oder rund 18 m/sec Geschwindigkeit.

Als Name der Einheit könnte vielleicht Reaktionsdruck gewählt werden, der eine wenn auch nicht ganz einfache Vorstellung und Definition von $p = \mu v^2$ ermöglicht. Dies würde aber nicht einige weitere, z. T. zufällige Nachteile dieser Einheit beseitigen. So gibt es keine einfache Körperform mit dem Widerstande Eins; jener der kreisrunden Platte in wirbelfreier Strömung beträgt kaum mehr als die Hälfte. Dies hat zur Folge, daß der Ersatz von Körperformen durch gleichwertige Normalflächen unvorstellbar wird und daher außer Gebrauch kommt, obwohl das Verfahren an sich beispielsweise zur Berechnung der vielgestaltigen Nebenwiderstände eines Flugzeuges sehr anschaulich und zweckmäßig ist. Ferner liegen die technisch wichtigen Auftriebe von Flügelflächen etwa zwischen 0,25 und $0{,}50\ \mu v^2$. Dabei ist eine Angabe mit zwei Stellen, also einer Abstufung von rund 3 v. H., zu ungenau und nicht dem Stande des Versuchswesens entsprechend. Andererseits ist eine dreistellige Angabe übertrieben und führt zur Verlautbarung unsicherer Zahlen. Ähnliches gilt für die bildliche Darstellung, die etwa 200 m als Einheit verlangt. Man wird dadurch von selbst auf den Ausweg gebracht, von Haus aus die doppelten Einheitswerte 2ζ usw. auszurechnen, wofür die zweistellige Angabe ausreichend und passend ist, und die unmittelbar aufgetragen werden können.

Alle diese Nachteile verschwinden mit der Rückkehr zur hydrodynamischen Druckeinheit $p = \gamma \frac{v^2}{2g}$; sie kann, ohne Irrtümer befürchten zu müssen, nach

Belieben als hydrodynamischer Druck, Strömungs- oder Geschwindigkeitsdruck bezeichnet werden. Sie läßt sich als größter Oberflächendruck, als Ausflußdruck oder durch die Geschwindigkeitshöhe definieren und macht die Normalfläche begreiflich und herstellbar.

Einheitswiderstände. Die übliche Ausdrucksweise für die Widerstandskräfte ist die durch die Druckeinheit, eine Fläche und eine Widerstandsziffer. Beispielsweise für den Auftrieb und den Stirnwiderstand eines Flügels

$$A = \zeta_A F \mu v^2, \quad W = \zeta_W F \mu v^2$$

Ein weites Gebiet der Aeromechanik beschäftigt sich mit den Beziehungen zwischen Widerstand, Anstellwinkel, Bahnneigung usw. oder der Widerstände untereinander. Dabei sind die absoluten Widerstandsgrößen gleichgültig, und es bedeutet daher eine überflüssige Erschwerung der z. T. schon sehr umständlichen Schreibweise, den Faktor μv^2 mitzuführen. Andererseits ist es mißlich, mit den bloßen Widerstandsziffern zu arbeiten, weil dadurch die Vorstellbarkeit sehr leidet. Es ist nicht leicht, sich damit vertraut zu machen, daß die Widerstandsziffern gerichtete Größen und nach den Regeln der Statik zusammensetzbar sind. Auch die bildliche Darstellung verliert von ihrer Anschaulichkeit.

Die Schwierigkeit wird umgangen, wenn man sich gewöhnt, statt der Widerstandsziffern Einheitswiderstände, also Einheitsauftrieb usw. einzuführen. Es ist dann ohne Überlegung klar, daß dafür alle Beziehungen wie bei den Kräften gelten. Im Verlaufe einer Untersuchung kann man übrigens unbedenklich von Auftrieb usw. kurzweg sprechen. Diese Ausdrucksweise ist auch wissenschaftlich einwandfrei, wenn man sich vorstellt, daß die Kräfte statt in Gewichtseinheiten in Widerstandseinheiten von der Größe p F angegeben sind. Es empfiehlt sich, zur Bezeichnung dieselben Buchstaben wie für die Widerstände selbst zu verwenden. Entweder gibt man, wo es nötig scheint, an, in welcher Einheit der Ausdruck zu lesen ist, oder man bedient sich zur Unterscheidung verschiedener Schriftarten; z. B.: $A = p F a \sin \alpha$ und $\mathit{A} = a \sin \alpha$. Die derzeit übliche Bezeichnung ζ_A usw., wo die Richtung durch den Zeiger angegeben wird, ist für praktische Zwecke, wie die Verlautbarungen der Versuchsanstalten, nicht sehr glücklich gewählt und ebensowenig für theoretische Untersuchungen, da dorten die Zeiger für die so vielfach notwendige Kennzeichnung besonderer Werte vorbehalten werden sollten.

Stabilitätsmaß. Die Stabilitätseigenschaften eines Luftschiffes, welches schwimmt, d. h. von statischen Auftriebskräften unveränderlich vertikaler Richtung getragen wird, sind so wie beim Schiff am deutlichsten aus der Lage des Metazentrums zu erkennen. Dieses ist der Angriffspunkt der Auftriebskräfte, der bei vollkommener Eintauchung mit dem Verdrängungsschwerpunkte zusammenfällt, mithin im Schiff unverrückbar festliegt und eindeutig durch die Körperform bestimmt ist. Die Größe der Stabilität wird durch den Vertikalabstand des Metazentrums vom Drehpunkte bzw. Gewichtsschwerpunkte des Schiffes, die metazentrische Höhe, gemessen. Es ist das Aufrichtungsvermögen für die Einheit der Verdrehung aus der Gleichgewichtslage gleich dem Gesamtauftriebe mal der metazentrischen Höhe.

Will man dieselbe Beziehung für die dynamischen Auftriebskräfte der Flügelflächen aufstellen, so stößt man auf Schwierigkeiten. Denn es kommt den Wider-

standskräften keine feste Richtung im Raume zu, höchstens eine solche bezüglich der Fläche selbst. Ist letzteres der Fall, ändert sich also mit der Windrichtung nur der Ort, nicht aber die Richtung der Widerstandskraft, wie es bei der ebenen Platte in reibungsloser Flüssigkeit zuträfe, so kann man für jeden Anstellwinkel einen, nur von der Flügelform abhängigen Punkt angeben, der wie das Metazentrum die Eigenschaft hat, daß sein in der Auftriebsrichtung gemessener Abstand vom Drehpunkte bzw. Schwerpunkte mit dem Auftriebe multipliziert das Aufrichtungsvermögen für die Einheit des Verdrehungswinkels angibt. Da aber in Wirklichkeit mit dem Anstellwinkel auch die Richtung der Widerstandskraft schwankt, ist es nicht mehr möglich, eine einzige, nur von der Flügelform abhängige metazentrische Punktreihe anzugeben. Die Gestalt dieser Linie wird nun in nicht sehr übersichtlicher Weise von der Lage des Dreh- bzw. Schwerpunktes beeinflußt, kann also erst nach Festlegung derselben bestimmt werden.

In allen Fällen bleibt aber die mechanische Vorstellung sehr unklar, da diese Metazentren nicht die Angriffspunkte der wirklichen Widerstandskräfte sind, sondern von gedachten Kräften mit relativ zum Winde unveränderlicher Richtung. Verständlicher wird dies beim frei schwebenden Flügel, wo das Aufrichtungsvermögen gleich dem Momente der Schwerkraft in bezug auf das jeweilige Metazentrum wird, so als ob letzteres ein Aufhängepunkt wäre. Doch ist die Heranziehung einer statischen Richtkraft, die außer jedes unmittelbaren Zusammenhanges mit den Widerstandsvorgängen steht, zur Definition der Stabilität nicht erwünscht. Alles deutet darauf hin, daß als Stabilitätsmaß bei Flügelflächen dem Produkte aus metazentrischer Höhe, Auftrieb und Änderung des Anstellwinkels geringe Eignung zukommt.

Es scheint daher natürlicher, die tatsächlichen Angriffspunkte der Widerstandskräfte anzugeben; sie liegen auf der Hüllkurve aller Widerstandslagen. Der Zusammenhang mit dem Anstellwinkel kann durch eine Bezifferung angegeben werden, oder er folgt aus der zugehörigen Widerstandslinie, am besten der N-T-Kurve (Fig. 1). Eine Tangente S G parallel zu P gibt den Ort des Widerstandes an, eine Parallele S_i G zur Tangente der N-T-Kurve bestimmt hingegen den Ort des Widerstandszuwachses d P, bei einer kleinen Änderung des Anstellwinkels. Es ist ein Vorteil, daß man hier die ruhende Fläche im veränderlichen Winde betrachten kann, wodurch vorerst die Annahme eines Drehpunktes unnötig wird.

Fig. 1.

Das Aufrichtungsvermögen für einen beliebigen Drehpunkt, bezogen auf die Einheit des Widerstandszuwachses, wird unmittelbar gemessen durch den Abstand des Drehpunktes von der Zuwachsrichtung, der Stabilitätsarm genannt sei. Wie man sieht, genügt aber nicht die bloße Kenntnis der Lage des Drehpunktes zum Angriffspunkte G.

Die Angriffspunkte werden auch, wohl nach französichem Vorbilde, Metazentren genannt, was kaum zu rechtfertigen sein dürfte. Ihr Abstand vom Drehpunkte steht durchaus nicht in jener Beziehung zur Stabilität, die der eingangs aufgestellten metazentrischen Gleichung entspricht. Eine besondere Benennung ist auch unnötig, da ihnen keine Eigentümlichkeit zukommt, die nicht jeder Angriffspunkt aufwiese. Die richtige Verwendung dieser letzteren Bezeichnung würde überdies die mechanische Ketzerei bloßstellen, die durch ihre Übertragung auf die Druckmittelpunkte der Flächen noch manchmal begangen wird.

Das Verfahren ist einfach und unzweideutig; leider ist es aus praktischen Gründen kaum verwendbar. Die Angriffspunkte liegen meist in großer Entfernung vom Flügelprofil, auf einer sehr flach verlaufenden Kurve mit Kehrpunkten im Unendlichen. Bei Drehpunktslagen nahe am Flügel, wie sie die Regel bilden, ist daher eine ungenaue Projektion auf weite Entfernung notwendig, was ein grundsätzlicher Fehler des Verfahrens ist. Aus demselben Grunde werden ja zur Ortsangabe der Widerstände nicht die Angriffspunkte verwendet, sondern die Druckpunkte S auf einer passend gewählten Vergleichsfläche. Dabei wird die Projektion nur ausnahmsweise und auf kurze Entfernungen nötig.

Genau dasselbe kann aber mit demselben Vorteile für die Lagen des Zuwachses d P geschehen. Gibt man neben den Druckpunkten S der Widerstände die Druckpunkte S_1 der Zusatzkräfte an, so stellen ihre Abstände r voneinander den Stabilitätsarm dar, bezogen auf den Widerstandszuwachs d N normal zur Vergleichsebene und einen in dieser gelegenen Drehpunkt. Für andere Vergleichsebenen sind die beiden Druckpunkte durch Projektion parallel zu P und d P bestimmbar; ebenso der Angriffspunkt, für den r = 0 wird. Sind die Druckpunktslagen S für verschiedene Anstellwinkel etwa durch ihre Abstände e vom vorderen Flügelrande mit einiger Schärfe bekannt, so können die Stabilitätsarme nach der einfachen Beziehung $r = N \frac{de}{dN}$ berechnet werden. Verzeichnet man die Linie der e über den Normalwiderständen N, so ist r ihre Subtangente (Fig. 2).

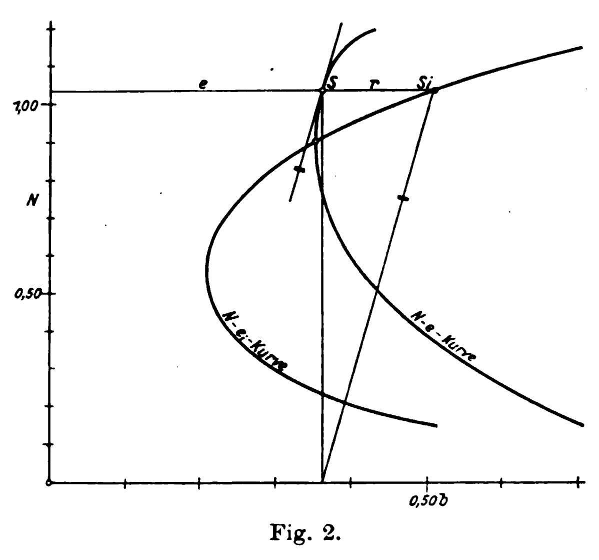


Fig. 2.

Die Messung des Aufrichtungsvermögens der Widerstandskräfte durch einen Stabilitätsarm und den Widerstandszuwachs dürfte in dieser Form allen billigen Forderungen an Klarheit und Handlichkeit genügen.

Zählung des Anstellwinkels. Für den planmäßigen Vergleich von Flügelformen ist die einheitliche Festlegung der Nullrichtung des Profiles, deren Neigung zur Windrichtung als Anstellwinkel bezeichnet wird, von Wichtigkeit. Bei Platten, deren Profile eine Symmetrieachse besitzen, ist diese die natürliche Nullinie. Bei Profilen mit zwei scharfen Enden wird wohl stets die Verbindungslinie derselben, die Profilsehne, gewählt werden, die auch am besten als Größenmaß dient.

Die meistverwendeten Flügelformen haben jedoch mindestens eine gerundete Kante. Man zählt ihre Anstellwinkel gewöhnlich von der druckseitigen Profiltangente und mißt die Größe nach der Projektion auf diese. An Einfachheit läßt dieses Verfahren nichts zu wünschen übrig, besonders für Flügel mit ebener Druckseite. Es erscheint aber unnatürlich bei schwach gewölbten Profilen (Fig. 3), macht einen stetigen Übergang zum scharfendigen Profil sowie zur symmetrischen Platte unmöglich und versagt gänzlich bei Formen mit konvexer Druckseite, wie sie bei Propellern in der Nabennähe die Regel bilden.

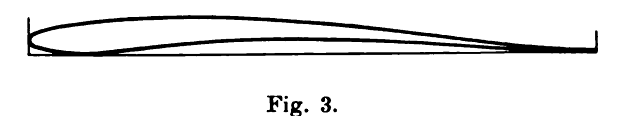


Fig. 3.

Diese Mängel ließen sich vermeiden, wenn jeder Flügel durch Umkleidung einer geometrischen Kernfläche erzeugt würde. Richtung und Größe könnten dann an der Kernlinie des Profiles durch ihre Sehne gemessen werden. Ein schönes Beispiel bilden dafür die vom Kreise abgeleiteten Profilformen von Joukowsky. Außerdem ist die Kernlinie ein wertvoller Behelf zur Kennzeichnung und Einteilung der Flügelformen, da sie die eindeutige Angabe von Art und Grad der Wölbung ermöglicht.

Es liegt nahe, als Kernlinie den Ort aller Mittelpunkte der dem Profile eingeschriebenen Kreise zu betrachten. Die Ausmittelung kann aber zeichnerisch nur durch Probieren geschehen und wird auf rechnerischem Wege höchst umständlich. Das Verfahren ist auch nicht immer eindeutig, da jedem, selbst dem flachsten Knick des Umrisses ein bis zu diesem reichender Zweig der Kernlinie entspricht (Fig. 4). Die Größenmessung scheint bedenklich, da bei eiförmigen Querschnitten die Länge der Kernlinie stark einschrumpft, beim Kreise sogar zu einem Punkt. Daraus ist zu schließen, daß die Kernlinie stets bis zum Umfange reichen sollte.

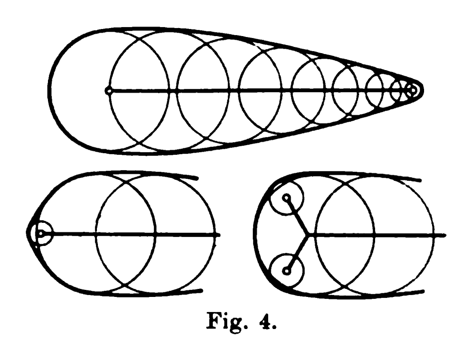


Fig. 4.

Ein nahezu einwandfreies, einfaches Verfahren ergibt sich, wenn man als Nullinie einen Durchmesser des Profiles wählt, d. h. eine Gerade, die den Umriß beiderseits rechtwinklig trifft. Die Zahl der Durchmesser ist in der Regel gering, meistens auf zwei beschränkt, und immer gibt einer die längste Gerade im Profil

an; abgesehen von Ausnahmefällen soll dieser größte Durchmesser als Nullinie und Größenmaß gelten. Seine Enden sind die Berührungspunkte des kleinsten umschriebenen Kreises, der als Grenzfall zweier symmetrischer Kreise gefunden wird (Fig. 5). An ausgeführten Flügeln kann die Nullinie praktisch durch Anschlagen einer Schublehre mit flach gekerbten Schenkeln bestimmt werden. Die Halbierungspunkte aller zur Nullinie winkelrechten Sehnen bilden eine leicht angebbare Kernlinie. Dieses Verfahren ergibt einen zwanglosen Übergang zu den spitzigen und den symmetrischen Profilen; seine Anwendung wird zur Selbstverständlichkeit, wenn Flügelformen durch Überlagerung von gekrümmten Kernlinien mit symmetrischen Plattenprofilen erzeugt werden.

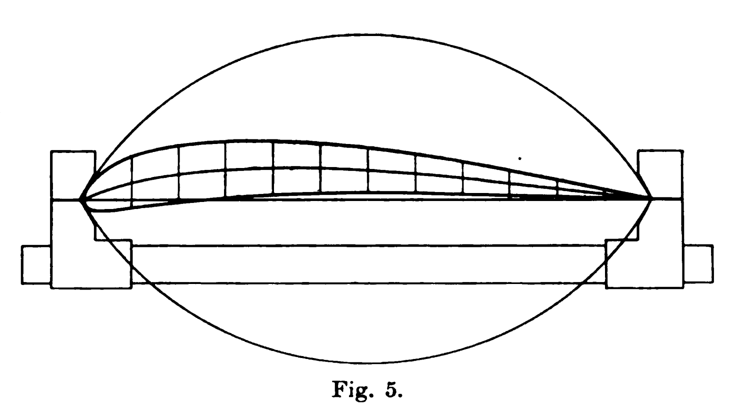


Fig. 5.

Diskussion.

Prof. Dr. **Prandtl**:

Meine verehrten Herren! Wenn ich zunächst zu dieser Sache das Wort nehme, so ist die Veranlassung dazu die, daß ich mich für die in Deutschland üblich gewordene Bezeichnung in gewissem Maße verantwortlich fühle, weil sie einem Vorschlag von mir entstammt. Ich möchte hier ausdrücklich sagen, daß ich diesen Vorschlag damals nur gemacht habe, um dem Bedürfnis noch einer einheitlichen Bezeichnung entgegenzukommen. Ich habe mit diesem Vorschlag gar kein tiefer liegendes Ziel verknüpft, sondern ich habe eben angeknüpft an das, was vorher vorhanden war. Ausgehend von dem Newtonschen Luftwiderstandsgesetz, das man auch in den Fällen, wo es nicht genau zutrifft, formal beibehalten kann, sagte ich, wir brauchen die Zusammenstellung der Faktoren $\frac{\gamma}{g}$, F und v^2, und dazu einen Koeffizienten, der je nach der Fläche, auf die man sich in der Formel bezieht, besonders bezeichnet wird. Dies Verfahren schloß sich im übrigen auch dem bis dahin bei den Luftwiderstandsleuten Gebräuchlichen an.

Das ist ein ganz äußerlicher Gesichtspunkt, und wenn nun sachliche Gesichtspunkte auftreten, die darauf hinweisen, daß man es anders machen soll, so möchte

ich sagen, daß ich auf dem, was ich selbst vorgeschlagen, nicht weiter bestehen will. Man wird sich natürlich fragen müssen, ob es vom sachlichen Standpunkt aus erwünscht ist, jetzt alle bisherigen Koeffizienten mit 2 zu multiplizieren. Es ist selbstverständlich klar, daß für den Übergang Schwierigkeiten entstehen werden.

Aus dem Betrieb unserer Göttinger Versuchsanstalt kann ich bestätigen, daß wir uns öfter als einmal fragen mußten: Ist der Faktor 2 auch nicht vergessen? Im übrigen werden Versuchsanstalten über einen Faktor 2 nicht dauernd stolpern und dieser Gesichtspunkt ist daher für die Praxis wohl nicht maßgebend. Wir würden uns mit dem Faktor 2 auch zurechtfinden können. Etwas anderes ist es, wenn wir die bisher von den Theoretikern des Luftwiderstandes verwendete Bezeichnungsweise, also die mit dem sogenannten „Reaktionsdruck" annähmen, daß wir uns da im Widerspruch befänden mit dem, was von den Wasserbauern und Schiffbauern gepflegt wird. Diese rechnen seit alter Zeit mit der „Geschwindigkeitshöhe". Das ist begreiflich, weil man im Wasserbau die Druckhöhe mit demselben Medium mißt, in dem die Bewegung stattfindet, also die Geschwindigkeitshöhe unmittelbar der Steighöhe vom Wasser in einem Pitotrohr entspricht. Wenn unsere Instrumente so gebaut werden könnten, daß wir die Luftgeschwindigkeit in Luftsteighöhe messen würden, so wäre man wohl beim Luftwiderstand zu derselben Festsetzung gekommen wie im Wasserbau. Mir scheint dieser Gesichtspunkt gerade wichtig, da allgemein anerkannt ist, daß Widerstandsfragen bei Wasserbewegung und Luftbewegung grundsätzlich dieselben Fragen sind. Da man geradezu einen Luftwiderstand durch Versuche im Wasser bestimmen kann, und umgekehrt, scheint es sehr erwünscht, daß man mit den Wasserbauern einig geht, und ich würde sehr dankbar dafür sein, wenn einer der anwesenden Wasserbauer und Schiffbauer uns bestätigen würde, daß auch von ihrer Seite der Wunsch noch Gleichheit der Bezeichnungen in Aero- und Hydromechanik besteht. Ich selbst bin von Dr. Blasius-Hamburg (früher an der Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau in Berlin) schon vor Jahren auf diesen Punkt aufmerksam gemacht worden. Dr. Blasius hat mir auch jetzt geschrieben, ich möchte, da er nicht nach Dresden kommen könne, seine Wünsche hier vertreten und wegen der Einheitlichkeit dafür stimmen, den Faktor $\frac{1}{2}$ anzunehmen und also den „Reaktionsdruck" durch den „Geschwindigkeitsdruck" zu ersetzen.

Wenn man sich hierüber entschieden hat, so wird man auch daran denken müssen, eine einheitliche Bezeichnung der neuen Luftwiderstandsziffern vorzuschlagen. Nun möchte ich allerdings sagen, daß das wohl kaum in einer so großen Versammlung diskutiert werden kann. Das muß der Ausschuß, über den ich heute vormittag berichtet habe, tun. Ich möchte hier nur dies sagen: Es ist einerseits sehr bequem, so wie Herr Knoller es macht, einfach mit Einheits-Widerständen zu rechnen, was eigentlich nur das bedeutet, daß man ein anderes Maßsystem benutzt, in dem die gerade in Rede stehende Fläche und ihre Geschwindigkeit = 1 gesetzt ist. Andrerseits wird es in manchen Fällen Schwierigkeiten geben: 1. Wie soll man es aussprechen? 2. Wie soll man es halten, wenn die Geschwindigkeit z. B. schwankt (Stabilitätsuntersuchungen)? Darüber wird man besser heute gar nicht diskutieren.

Vorsitzender Major v. **Parseval**:

Es wäre vielleicht zweckmäßig, diesen Fall der Kommission für Einheit der Formelzeichen zur Behandlung zu übergeben.

Wenn sich niemand mehr zum Worte meldet, so würden wir jetzt zur Diskussion der Stabilitätsfrage der Flugzeuge übergehen. Vielleicht darf ich mir einige Bemerkungen erlauben, und zwar, ob es nicht möglich ist, eine Momentengleichung aufzustellen, so daß die Momente, welche auf eine Flugfläche wirken, als Funktionen des Anstellwinkels ausgedrückt werden. Dann hätte man durchweg endliche Werte in der Bezeichnung für die Stabilität. Wird dagegen die Stabilität als der Hebelarm einer Kraft ausgedrückt, so bekommt in einem gewissen Moment der Hebelarm einen unendlich großen Wert, dann nämlich, wenn der Auftrieb Null, das resultierende Moment aber endlich ist. Wir haben hier in diesem Fall auf der Flugfläche am vordern Rand negative, am hintern Rand positive Kräfte. Die Differenz dieser Kräfte kann Null werden, während ein nicht ganz kleines Moment auf die Fläche wirkt. Setzt man den resultierenden Auftrieb 0 und den Hebelarm gleich x, so wird $x = \frac{M}{0} = \infty$.

Infolgedessen würde es sich empfehlen, das Moment M als Funktion des Anstellwinkels auszudrücken. Das ist leicht möglich. Man müßte dann, um in der Bezeichnungsform zu bleiben, das Moment als ein Volumen darstellen mal dem Flächendruck und einem Koeffizienten. Man könnte das Volumen entweder dadurch gewinnen, daß die Flugfläche F mit ihrer Tiefe multipliziert wird oder dadurch, daß man den Ausdruck $F^{3/2}$ anwendet.

Das wäre eine Darstellungsform, die uns über die Schwierigkeiten beim Auftrieb 0 hinwegbringen würde.

Prof. **Knoller**:

Ich möchte dazu bemerken, daß in meiner ersten Arbeit über die Stabilität die Ortsangabe der Druckkräfte ausschließlich durch Momentenkurven geschah. Auch in der später in unserer Zeitschrift erschienenen Stabilitätsuntersuchung ist dieses Darstellungsverfahren erläutert und die Beziehung zu den Druckpunktskurven festgestellt. Die Größe des Momentes an sich läßt aber noch nicht die Stabilitätseigenschaften erkennen. Diese müßten erst aus den Änderungen des Momentes abgeleitet werden durch Verfahren, die wesentlich durch das gewählte Stabilitätsmaß bestimmt werden. Unklarheiten, die in letzterem begründet sind, werden durch die Darstellungsweise nicht behoben.

Prof. **Prandtl**:

Wenn ich ein paar Worte sagen darf, so möchte ich nur dem Ausdruck geben, daß ich meine: Die Bezeichnungen, die der Herr Kollege Knoller für die Stabilität angeführt hat, sind einerseits durchführbar, andrerseits praktisch. Ich glaube, daß das Unendlichwerden des Stabilitätsarmes gerade auf dem flugtechnischen Anwendungsgebiet niemals vorkommt; denn es kommt dann vor, wenn kein Auftrieb mehr vorhanden ist, und gerade für die Körper ohne Auftrieb verliert es das

Interesse, so daß ich meine, daß eine Bezeichnung, die uns gerade davon frei macht, die Stabilität auf eine bestimmte Drehung zu beziehen, von Wert wäre. Bei dem Knollerschen Maß ist nun freilich eine geringe Variation mit der gewählten Ebene vorhanden, doch glaube ich, daß das praktisch nicht viel Bedeutung hat, und ich sehe auch keinen Weg, es besser zu machen.

Dr. **Quittner**:

Es ist allerdings richtig, daß der Druckmittelpunkt nur dann ins Unendliche rückt, wenn der Auftrieb gleich Null geworden ist. Aber trotzdem ist diese Unstetigkeit der Wanderung des Druckmittelpunktes in vielen Fällen — besonders bei mehr theoretischen Untersuchungen — sehr störend, und zur Veranschaulichung der Stabilitätsverhältnisse ist die Druckpunktverschiebung überhaupt nicht sehr geeignet, da man aus ihr das rückdrehende Moment bei einer kleinen Änderung des Anstellwinkels nicht ohne weiteres ersehen kann.

Die von Herrn Prof. von Parseval und mir in der Versuchsanstalt für Flugwesen der Berliner Technischen Hochschule versuchsweise angewandte Methode, außer dem Druckpunkt auch das Moment der resultierenden Druckkraft um die Vorderkante der Tragfläche in Funktion des Anstellwinkels anzugeben, bringt den Vorteil, daß man eine von Unstetigkeitspunkten freie Kurve erhält und damit auch eine Genauigkeit der zeichnerischen Darstellung, wie sie bei den in der Nähe der Unstetigkeitsstelle sehr steil verlaufenden Druckpunktskurven nicht erreichbar ist. Aber wenn es sich um Berechnung der stabilisierenden Momente für den nicht mit der Vorderkante zusammenfallenden Schwerpunkt des Flugzeugs handelt, so ist wieder eine umständliche Umrechnung erforderlich.

Wenn durch die neue Darstellungsweise mit Hilfe des „Stabilitätsarmes" erreicht werden könnte, daß man ohne umständliche Rechnungen oder Konstruktionen für jede beliebige Lage des Schwerpunktes das einem bestimmten kleinen Ablenkungswinkel entsprechende rückführende Moment berechnen könnte, so wäre darin ein sehr bedeutender Vorzug dieser Darstellungsweise gelegen. Leider ist das jedoch nicht der Fall, denn um das Moment zu erhalten, muß man den Stabilitätsarm r erst mit der Änderung der Normalkraft dN multiplizieren, so daß nicht r selbst, sondern das Produkt $r \frac{dN}{d\alpha}$ das Maß für die Stabilität ist. Man müßte also außer r auch $\frac{dN}{d\alpha}$ — oder was praktisch nicht sehr verschieden ist $\frac{dP}{d\alpha}$ (P = Auftrieb) — in Funktion von α kennen und möglichst in Kurvenform aufzeichnen. Auch der Mangel, daß die Methode ohne weiteres nur für eine bestimmte Lage des Schwerpunktes anwendbar ist (nämlich wenn er mit dem Druckpunkt zusammenfällt), ist ebenso vorhanden wie bei anderen Darstellungsweisen, und bei mehreren gekoppelten Flächen dürfte deshalb die Berechnung der Stabilität des ganzen Systems aus den Stabilitätsarmen der Einzelflächen kaum in einfacher Weise ausführbar sein. Ich habe daher den Eindruck, daß die Darstellung mittels des Stabilitätsarms doch nur in vereinzelten Fällen von wirklichem Vorteil sein dürfte. Übrigens scheint auch der Vortragende ähnlicher Ansicht zu sein, da er in seiner

Untersuchung „Über Längsstabilität der Drachenflugzeuge"[1]) nicht den Stabilitätsarm benutzt, sondern eine Methode, die von der von Herrn Prof. von Parseval und mir versuchten sich nur dadurch unterscheidet, daß die Momente nicht auf die Vorderkante, sondern auf die Mitte der Tragfläche bezogen sind, und daß an Stelle des Anstellwinkels (bzw. des ideellen Anstellwinkels α_1) der dem letzteren fast genau proportionale Normaldruck N als Abszisse gewählt wurde.

Prof. **Knoller**:

Zur Frage des Unendlichwerdens des Druckpunktsabstandes möchte ich noch erwähnen, daß dieses stets durch entsprechende Wahl der Vergleichslinie vermieden werden kann. Dazu muß diese die Kurve der Angriffspunkte berühren.

Im übrigen glaube ich wohl, daß der Stabilitätsarm r allein die Stabilitätseigenschaften genügend kennzeichnet. Für sehr viele Aufgaben handelt es sich unmittelbar um die Beziehung zwischen Momentänderung und Kraftänderung; die Rückführung auf den Anstellwinkel erfolgt häufig ohne Notwendigkeit. Wenn es aber erforderlich oder erwünscht ist, kann es ohne Umstände geschehen. Das Verhältnis $\frac{dN}{d\alpha}$ oder $\frac{dA}{d\alpha}$ ist innerhalb weiter Grenzen ein Festwert; diese Annahme ist bei allen theoretischen Untersuchungen üblich und wurde eben auch von Dr. Quittner gemacht. Es handelt sich also im allgemeinen nur darum, den Stabilitätsarm mit einer Zahl zu multiplizieren, die bekanntlich in erster Linie durch das Streckungsverhältnis des Flügels und in geringem Maße durch seinen Wölbungsgrad bestimmt ist. Eine Ausnahme wäre allerdings für die großen Anstellwinkel, oberhalb der Proportionalitätsgrenze zu machen; dafür lassen sich aber auch, sofern es nötig scheint, vereinfachende Annahmen vereinbaren. Immer gibt aber in dem technisch wichtigen Bereiche der Stabilitätsarm r an sich den Stabilitätscharakter an. Die Vermutung, daß die Anwendung des vorgeschlagenen Stabilitätsbegriffes bei der Stabilitätsberechnung gekoppelter Flächen unzweckmäßig sei, trifft nicht zu. Die Ableitung mittels der Momentenkurven ist nur aus Bequemlichkeit aus meinen älteren Arbeiten in die späteren Veröffentlichungen, deren Ziel in einer ganz anderen Richtung lag, übernommen worden. In meinen Vorlesungen benutze ich bereits die wesentlich kürzere Ableitung mit ausschließlicher Verwendung des Stabilitätsarmes.

Regierungs- und Baurat **Krey**:

Hat die absolute Größe des Anstellwinkels überhaupt eine solche Bedeutung, daß es sich lohnt, uns hier länger damit zu beschäftigen? Meines Erachtens ist das nicht der Fall. Der Anstellwinkel hat bei den Tragflächen etwa dieselbe Bedeutung wie die Steigung bei den Schrauben. Auch bei den Schrauben stoßen wir auf die gleichen Schwierigkeiten, wenn wir die absolute Größe der Steigung angeben wollen. Die Steigung der Druckseite, die meist der Berechnung zugrunde gelegt wird, ist für die Wirkung der Schraube nicht allein maßgebend; außerdem ist sie oft sowohl radial als auch tangential veränderlich. Noch weniger bestimmt ist die

[1]) Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1913, Nr. 36, 37.

Steigung der Soogseite. Eine für bestimmte Wirkungen gleichwertige Ersatz steigung kann man aber nicht von vornherein angeben; auch müßte diese für verschiedene Tourenzahlen bzw. verschiedene Slips verschieden groß sein. Trotzdem arbeiten wir in der Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau dauernd mit der Steigung und es bereitet das praktisch auch gar keine Schwierigkeiten. Da es nur auf die relativen Werte ankommt, so legen wir irgendeine mittlere Steigung der Druckseite zugrunde und tragen danach die durch die Versuche festgestellten Messungsergebnisse auf. Die Annahme der Steigung beeinflußt die Messungsergebnisse in keiner Weise; denn wenn wir die Annahme ändern, so erhalten wir dieselben Kurven für die Ergebnisse, nur um einen bestimmten Betrag nach rechts oder nach links verschoben bzw. mit anderem Maßstabe. Dasselbe würde entsprechend auch für die Anstellwinkel gelten. Man braucht sich daher nicht darüber zu streiten, wie man den Anstellwinkel allgemein annehmen soll. Er wird nur in jedem Einzelfalle besonders festgelegt werden können.

Prof. Dr. **Prandtl**:

Verzeihen Sie, daß ich zum dritten Male das Wort nehme. Ich möchte nur zur Erwiderung sagen, daß in der Luftfahrt das Bedürfnis positiv vorliegt. Die Flugzeugkonstrukteure rechnen mit dem Anstellwinkel und sie müssen wissen, auf welchen Anstellwinkel ein gewisser Widerstandswert bezogen ist.

Bei Schrauben ist es ohnehin komplizierter. Da kann man ohne Zeichnung überhaupt nicht wissen, was man vor sich hat. Aber auch, wenn man den Flügelumriß und dazu die Steigung angibt, so weiß man noch recht wenig. Um die Schraube gut zu kennzeichnen muß vielmehr eine Anzahl von Flügelprofilen angegeben werden. Trotzdem ist jedoch ein praktisches Bedürfnis vorhanden, die hauptsächlichsten Charakteristiken der Schraube festzulegen durch einfache Zahlenwerte.

Ich möchte noch erwähnen, daß es sehr viele Fälle gibt, wie z. B. beim Modell eines Vogels, wo man gar nicht weiß, wie man einen Anstellwinkel messen soll. In der Mitte ist der Rumpf. An diesen setzt der Flügel an, aber weder an der Ansatzstelle, die meist das eigentliche Flügelprofil noch nicht aufweist, noch auch weiter außen, wo der Anstellwinkel sich kontinuierlich ändert, läßt sich eine bevorzugte Stelle finden. Man ist hier auf ganz willkürliche Festsetzungen angewiesen, wenn man nicht etwa einen bestimmten Mittelwert des Anstellwinkels einführen will, der natürlich umständlich zu ermitteln wäre.

Regierungs- und Baurat **Krey**:

Auf den Einwand des Herrn Professor Prandtl möchte ich erwidern, daß ich nicht habe bestreiten wollen, daß ein praktisches Bedürfnis vorliegt, mit dem Anstellwinkel zu arbeiten; wohl aber möchte ich die Notwendigkeit und Möglichkeit bezweifeln, mit einer bestimmten, absoluten Größe dieses Anstellwinkels zu rechnen, die man bei allen Flügelformen in der gleichen Weise festsetzt. Es kommt nur auf die relativen Werte an. Bei gleichen oder ähnlichen Flügelformen mag es ja vorteilhaft sein, sich über die Art der Festsetzung des Anstellwinkels zu einigen; sobald man aber eine andere Form hat, hat diese Festsetzung für die Praxis gar

keinen Wert, denn die Wirkung einer anderen Form ist bei gleicher Annahme des Anstellwinkels doch eine ganz andere. Bei beliebiger Flügelform stoßen wir daher, wenn wir allgemein einen absoluten Wert des Anstellwinkels festlegen wollen, auf die gleichen Schwierigkeiten, als wenn wir bei Schrauben durchaus den Begriff der Steigung festlegen wollen.

Prof. **Knoller**:

Ich glaube, daß die letzterhobenen Einwände schon durch Prof. Dr. Prandtl hinreichend entkräftet worden sind; wenige Flugtechniker dürften eine Vereinbarung über die Zählung des Anstellwinkels für überflüssig oder unmöglich halten. Ich glaube übrigens ein Verfahren gezeigt zu haben, welches gerade bei verschieden geformten, spitzen oder runden, hohlen oder doppeltkonvexen Profilen anwendbar ist; es mag aber noch zweckmäßigere geben.

Ich glaube, daß eine Einigung bezüglich der Druckeinheit, der Widerstandsbezeichnung und der Zählung des Anstellwinkels dringend erwünscht ist. Bezüglich des Stabilitätsmaßes habe ich hauptsächlich eine Klarstellung angestrebt und der Verwendung falscher Benennungen entgegenzuarbeiten versucht.

Über Längsstabilität und Längsschwingungen von Flugzeugen.[1])

Von

Th. v. Kármán und **E. Trefftz.**

Die Stabilität von Flugzeugen ist in den letzten Jahren vielfach behandelt worden, und zwar nach sehr verschiedenen Methoden. Es fehlt nicht an ganz einfachen Betrachtungen, denen zwar der Vorteil der Durchsichtigkeit nicht abgesprochen werden kann, die aber naturgemäß nur unter sehr vereinfachten Bedingungen richtig sind. Und es fehlt auch nicht an ausführlichen exakten Rechnungen, bei denen jedoch die unmittelbar anschaulichen, konstruktiv wichtigen Gesichtspunkte nicht selten in dem Labyrinth langer Formeln verloren gehen. Wenn nun der auf die Längsstabilität bezügliche Teil meiner „Vorlesungen über Aerodynamik" an dieser Stelle veröffentlicht werden soll, trotzdem er namentlich den Theorien von C. Runge und R. Knoller gegenüber nur in der Darstellungsweise neues enthält, so darf dies vielleicht dadurch entschuldigt werden, daß ich versucht habe, zwischen analytischer Rechnung und mechanischer Anschaulichkeit einen goldenen Mittelweg einzuschlagen. Als wesentliches Hilfsmittel zu diesem Zweck bewährte sich der Gedanke, die Größen, die mit der Steuerfähigkeit und Stabilität unmittelbar zu tun haben und lediglich durch diese bestimmt werden, von jenen Größen zu trennen, die durch sonstige Gesichtspunkte (z. B. Tragfähigkeit, Ökonomie des Fluges usw.) beurteilt werden müssen. Wie weit es dadurch gelungen ist, das umständliche Problem der Stabilität durchsichtig darzustellen, mag der Leser beurteilen.

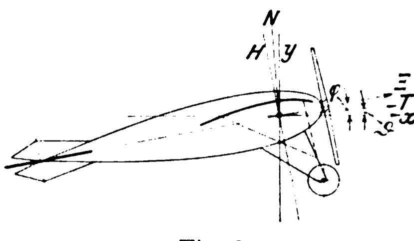


Fig. 1.

§ 1. Geometrische Größen. Für die Längsstabilität kommen nur Verschiebungen und Verdrehungen in der Flugebene in Betracht, und so begnügen wir uns, um Lage und Bewegungszustand des Flugzeuges festzulegen, mit ebenen Koordinatensystemen. Wir legen namentlich drei Achsenkreuze durch den Schwerpunkt des Flugzeuges, die folgendermaßen bestimmt werden sollen (vgl. Fig. 1).

X, Y sei ein raumfestes Koordinatensystem, wobei X die horizontale Flugrichtung bedeutet.

[1]) Der Vortrag ist des leichteren Verständnisses halber in erweiterter Form abgedruckt. Die Paragraphen 8—11 sind von dem zweiten, die übrigen von dem ersten Verfasser.

Ξ, H sei ein **körperfestes** System, die Ξ-Achse ist parallel zur Propellerachse.

T, N sei ein Koordinatensystem, das so gerichtet ist, daß T die **Flugbahntangente**, N die nach oben gerichtete Normale angibt.

Wir führen nun zwischen den Koordinatenachsen folgende Winkel ein:

φ sei der Winkel zwischen X und Ξ, d. h. zwischen der Propellerachse und der Horizontalen.

ϑ sei der Winkel zwischen X und T, d. h. der Neigungswinkel zwischen der Flugbahntangente und der Horizontalen.

Aus dieser Festsetzung der Winkel folgt unmittelbar, daß der **Anstellwinkel** der Tragflächen, der für die Kräfte maßgebend ist, durch Abweichungen gegen den gleichmäßigen horizontalen Flug um den Winkel $\alpha = \varphi - \vartheta$ geändert wird, falls die Tragflächen nahe zum Schwerpunkt angeordnet sind. Bei Dämpfungsflächen, Steuerflächen und weit vom Schwerpunkt angeordneten Tragflächen muß noch berücksichtigt werden, daß diese infolge der Drehung um den Schwerpunkt eine erhebliche vertikale Geschwindigkeit besitzen können, die für die Kräfte auch als Änderung des Anstellwinkels in Rechnung zu setzen ist. Liegt z. B. eine Fläche in der Entfernung l hinter dem Schwerpunkt, und besitzt das Flugzeug eine Drehgeschwindigkeit um den Schwerpunkt vom Betrage $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$, so hat die betreffende Fläche eine nach unten gerichtete Geschwindigkeit von der Größe $l\frac{d\varphi}{dt}$; diese entspricht offenbar einer Vergrößerung des Anstellwinkels um den Betrag $\frac{l\frac{d\varphi}{dt}}{U}$, wobei U die normale Fluggeschwindigkeit bezeichnet. Wir können also die Änderungen des Anstellwinkels ansetzen

für die Tragfläche $\alpha = \varphi - \vartheta$

für die Dämpfungs- oder Steuerfläche $\alpha_d = \varphi - \vartheta + \frac{l\frac{d\varphi}{dt}}{U}$

§ 2. Die aerodynamischen Größen. Wir legen den Auftrieb und den Widerstand der Tragflächen fest durch zwei Funktionen:

$$A = \zeta_A \frac{\gamma}{g} F U^2$$

$$W = \zeta_W \frac{\gamma}{g} F U^2,$$

wobei ζ_A und ζ_W nur Funktionen des Anstellwinkels sind. Es folgt daraus, daß die Variationen des Auftriebes und Widerstandes durch die Zusatzwerte

$$\delta A = 2\zeta_A \frac{\gamma}{g} F U u + \zeta'_A \frac{\gamma}{g} F U^2 \cdot \alpha$$

$$\delta W = 2\zeta_W \frac{\gamma}{g} F U u + \zeta'_W \frac{\gamma}{g} F U^2 \cdot \alpha$$

gegeben sind, wobei

$$\zeta_A' = \frac{d\zeta_A}{d\alpha} \text{ und } \zeta_W' = \frac{d\zeta_W}{d\alpha},$$

ferner u die Variation der Fluggeschwindigkeit bedeutet. Beziehen wir alle Kräfte auf das Gewicht des Flugzeuges,

$$G = \zeta_A F \frac{\gamma}{g} U^2$$

so wird

$$\frac{\delta A}{G} = 2\frac{u}{U} + \frac{\zeta_A'}{\zeta_A}\alpha$$

$$\frac{\delta W}{G} = 2\frac{u}{U}\frac{\zeta_W}{\zeta_A} + \frac{\zeta_u'}{\zeta_A}\alpha.$$

Die Verhältniszahlen

$$\frac{\zeta_A'}{\zeta_A} \text{ und } \frac{\zeta_W'}{\zeta_A}$$

wollen wir als Auftriebsvermehrung und Widerstandsvermehrung bezeichnen; sie haben offenbar die einfache Bedeutung, daß sie in Bruchteilen des Gesamtauftriebes angeben, um wieviel Auftrieb und Widerstand sich ändern, sobald man den Anstellwinkel um eine Einheit vergrößert. (Der reziproke Wert von $\frac{\zeta_A'}{\zeta_A}$ ist — bei Annahme einer linearen Auftriebsfunktion — identisch mit dem sogenannten wirksamen Anstellwinkel, ausgedrückt im absoluten Bogenmaß.) Die Verhältniszahl $\frac{\zeta_W}{\zeta_A} = \varepsilon$ ist schließlich der reziproke Gütegrad der Tragfläche oder der sogenannte Gleitwinkel, eine Größe, die aus den Experimenten ebenso wie die zwei anderen Verhältniszahlen wohl bestimmt ist.

Für die — als nichttragend angenommene — Steuerfläche (Dämpfungsfläche) vom Betrage f führen wir eine Auftriebsfunktion

$$A_d = \zeta_d \frac{\gamma}{g} f U^2$$

ein. Die Zusatzkraft beträgt alsdann

$$\delta A_d = \zeta_d' \frac{\gamma}{g} f U^2 \alpha_d.$$

Es ist dabei zu berücksichtigen, daß der Auftrieb A für den normalen Flug verschwindet, so daß der mit der Geschwindigkeitsänderung u proportionale Anteil klein von der zweiten Ordnung wird. Dividieren wir wieder mit dem Gewicht G, so erhält man

$$\frac{\delta A_d}{G} = \frac{\zeta_d'}{\zeta_A}\frac{f}{F}\alpha_d$$

Die Verhältniszahl $\delta = \frac{\zeta_d'}{\zeta_A}\frac{f}{F}$ nennen wir Dämpfungsfaktor.

Außer den Kräften, die auf die Tragfläche bzw. auf die Dämpfungsfläche wirken, müßten wir genau genommen die Änderung der Kräfte in Betracht ziehen, die auf den Rumpf und Spannungsdrähte usw. ausgeübt werden. Dies ist nun in zweifacher Weise möglich. Einmal kann man diese Kräfte in einen schädlichen

Widerstand zusammenfassen und den als eine nur von der Geschwindigkeit abhängige Größe einführen. Anderseits kann man Modellversuche an vollständigen Flugzeugmodellen im Luftkanal ausführen, so wie dies z. B. Eiffel getan hat; in diesem Falle erhält man die Kräfte, die auf das vollständige Modell wirken, als Funktion des Winkels und der Geschwindigkeit. Wir wollen einen ähnlichen Weg einschlagen, indem wir die Größen ζ_A, ζ_W und ε auf vollständige Flugzeugmodelle beziehen. Alsdann bedeuten $\frac{\zeta'_A}{\zeta_A}$, $\frac{\zeta'_W}{\zeta_A}$ und ε nicht die Auftrieb- bzw. Widerstandsvermehrung und den Gleitwinkel der Tragfläche, sondern des Flugzeuges; in unsern später folgenden Berechnungen sind sie als solche in Rechnung gesetzt worden. Allerdings müssen wir dann darauf achten, daß die Dämpfungsflächen nicht doppelt gerechnet werden.

§ 3. Die statische Stabilität. Das Maß für die statische Stabilität ist das Moment um den Schwerpunkt, das bei einer Verdrehung des Flugzeuges um den Winkel α sich einsetzt und die Drehung rückgängig zu machen sucht. Dieses Moment hängt von zwei Faktoren ab: von der Verschiebung der Resultierenden der Luftkräfte an der Tragfläche und von dem Moment, das von der Steuerfläche aus eingreift. Wir führen das Moment der Tragflächenkräfte um den Schwerpunkt als eine weitere Funktion

$$M_1 = \zeta_R \frac{\gamma}{g} F U^2 \rho$$

ein, wobei

$$\zeta_R = \sqrt{\zeta_A^2 + \zeta_W^2} = \zeta_A \sqrt{1 + \varepsilon^2}$$

den Koeffizienten der Resultierenden bezeichnet und ρ den Hebelarm in bezug auf den Schwerpunkt. Für ein „Flugzeug mit zentralem Schub", d. h. wenn die Propellerachse durch den Schwerpunkt geht, muß im Gleichgewichtszustand die Resultierende der Luftkräfte ebenfalls durch den Schwerpunkt gehen, d. h. für $\alpha = 0$ ist $\rho = 0$; alsdann ist das Zusatzmoment bei verdrehter Lage des Flugzeuges

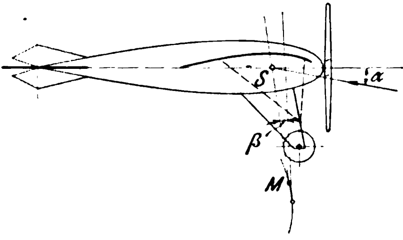


Fig. 2.

$$\delta M_1 = \zeta_R \frac{\gamma}{g} F U^2 \frac{d\rho}{d\alpha} \alpha.$$

Wir sehen mit der Annäherung $\alpha = \beta$ (Fig. 2)

$$\frac{d\rho}{d\alpha} = \overline{MS} = h$$

die metazentrische Höhe[1]). Damit wird das durch das Gewicht dividierte Moment gleich

$$\frac{\delta M_1}{G} = \frac{\zeta_R}{\zeta_A} \frac{d\rho}{d\alpha} \alpha = \sqrt{1 + \varepsilon^2} \cdot h \cdot \alpha.$$

Der zweite Anteil des Momentes rührt von der Steuerfläche her und beträgt offenbar

[1]) Für ein Flugzeug mit „exzentrischem" Schub ist vielleicht der von Herrn Knoller eingeführte Begriff des Stabilitätsarmes praktischer als der der metazentrischen

$$\delta M_2 = -\zeta_d' f \frac{\gamma}{g} U^2 l \cdot \alpha$$

oder dividiert durch das Gewicht

$$\frac{\delta M_2}{G} = -\frac{\zeta_d'}{\zeta_A} \frac{f}{F} l\alpha,$$

für das Gesamtmoment (immer dividiert durch das Gewicht) erhalten wir daher

$$\frac{dM}{G} = \left(h\sqrt{1+\varepsilon^2} - \frac{\zeta_d'}{\zeta_A}\frac{f\,l}{F}\right)\alpha.$$

Die Bedingung der statischen Stabilität lautet mithin

$$\frac{l}{h} \geqq \frac{\zeta_A}{\zeta_A'} \frac{F}{f} \sqrt{1+\varepsilon^2}.$$

Die Rechnung ist für exzentrischen Schub oder doppelttragende Systeme (tragende Steuerflächen) einfach zu erweitern. Doch wollen wir uns dabei nicht länger aufhalten. Die Länge

$$h_r = l \frac{\zeta_d'}{\zeta_A} \frac{f}{F} - h\sqrt{1+\varepsilon^2}$$

wollen wir als **resultierende metazentrische Höhe** bezeichnen. Das Zusatzmoment bei einer Verdrehung um α beträgt alsdann $\delta M = -h_r\,\alpha$.

§ 4. Die Bewegungsgleichungen. Die Zusatzkräfte bestehen aus drei Anteilen: Luftkräfte, Gewicht, Propellerschub. Wir wollen, wie es teilweise bereits angedeutet wurde, folgende Vereinfachungen einführen:

a) einfachtragendes System,
b) konstanter Propellerschub,
c) zentrische Anordnung der Propellerachse.

Alsdann haben wir als Zusatzkräfte folgende Beträge in Rechnung zu setzen

	Luftkräfte	Gewicht	Propellerschub
Tangentialkraft	$-\delta W$	$-G\vartheta$	—
Normalkraft	$\delta A + \delta A_d$	—	$S(\varphi - \vartheta)$
Drehmoment	$\delta M_1 + l\,\delta A_d$	—	—

Höhe. Die beiden Begriffe hängen wie folgt zusammen. Die Vermehrung des Momentes ist ganz allgemein

$$\delta M_1 = \frac{\gamma}{g} F U^2 \left(\frac{d\zeta_R}{d\alpha}\rho + \zeta_R \frac{d\rho}{d\alpha}\right)\alpha.$$

Knoller setzt den Klammerausdruck

$$\zeta_R' \rho + \zeta_R \frac{d\rho}{d\alpha} = \zeta_R' r,$$

wobei er r als „Stabilitätsarm" bezeichnet. Es ist also der Stabilitätsarm gleich

$$r = \rho + \frac{\zeta_R}{\zeta_R'} h$$

und im Spezialfall des zentrischen Schubes ($\rho = 0$)

$$r = \frac{\zeta_R}{\zeta_R'} h \text{ oder annähernd } r = \frac{\zeta_A}{\zeta_A'} h.$$

Dabei bedeutet S den Propellerschub, welcher gleich dem Widerstand im Gleichgewichtszustand ist.

Nun haben wir zu setzen (Massenkräfte = Zusatzkräfte):

Tangentialkraft = Masse × Tangentialbeschleunigung,
Normalkraft = Masse × Zentrifugalbeschleunigung,
Drehmoment = Trägheitsmoment × Winkelbeschleunigung.

Wir haben daher mit Berücksichtigung des Umstandes, daß der Anstellwinkel der Dämpfungsfläche $\alpha = \alpha_d + \frac{l \frac{d\varphi}{dt}}{U}$ ist

$$\frac{G}{g} \frac{du}{dt} = -\frac{\partial W}{\partial U} u - \frac{\partial W}{\partial \alpha} \alpha - G \vartheta$$

$$\frac{G}{g} U \frac{d\vartheta}{dt} = \frac{\delta A}{\delta u} u + \frac{\partial (A + A_d)}{\partial \alpha} \alpha + \frac{\partial A_d}{\partial \alpha} \frac{l \frac{d\varphi}{dt}}{U} + W(\varphi - \vartheta)$$

$$\frac{G}{g} x^2 \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{\partial M}{\partial \alpha} \alpha - \frac{\partial A_d}{\partial \alpha} \frac{l^2 \frac{d\varphi}{dt}}{U}$$

(x Trägheitsradius). Dividiert man sämtliche Gleichungen durch das Gewicht und führt man als drei Variable $\frac{u}{U}$, α und φ ein, so hat man

$$\begin{aligned} \frac{U}{g} \frac{d}{dt}\left(\frac{u}{U}\right) &= -2\varepsilon \frac{u}{U} - \left(\frac{\zeta'_W}{\zeta_A} - l\right)\alpha - \varphi \\ \frac{U}{g} \frac{d}{dt}(\varphi - \alpha) &= 2\frac{u}{U} + \left(\frac{\zeta'_A}{\zeta_A} + \varepsilon\right)\alpha + \delta \frac{l \frac{d\varphi}{dt}}{U} \\ \frac{x^2}{g} \frac{d^2\varphi}{dt^2} &= -h_r \alpha - \delta \frac{l^2 \frac{d\varphi}{dt}}{U} \end{aligned} \tag{1}$$

Setzen wir nach der Methode der kleinen Schwingungen die drei Größen $\frac{u}{U}$, α, φ proportional $e^{i\sigma t}$, wobei $\sigma = -\lambda + i\nu$ bedeutet (λ Dämpfung, ν Schwingungsfrequenz), so erhalten wir folgende Frequenzdeterminante für σ

$$\begin{vmatrix} 2\varepsilon + \frac{U}{g}\sigma & -l + \frac{\zeta'_W}{\zeta_A} & 1 \\ 2 & \left(\frac{\zeta'_A}{\zeta_A} + \varepsilon\right) + \frac{U}{g}\sigma & \left(-\frac{U}{g} + \delta \frac{l}{U}\right)\sigma \\ 0 & h_r & \left(\frac{\delta l^2}{U} + \frac{x^2}{g}\sigma^2\right) \end{vmatrix} = 0 \tag{2}$$

Wir wollen nun einige Vernachlässigungen einführen, die prinzipiell zwar unwesentlich sind, jedoch die Rechnung vereinfachen. So können wir neben $\frac{\zeta'_A}{\zeta_A}$

das Glied ε streichen, ferner neben $\frac{U}{g}$ das Glied $\frac{l}{U}\delta$. Was die erste Vernachlässigung anbelangt, so ist $\frac{\zeta'_A}{\zeta_A}$ die Auftriebsvermehrung des vollständigen Flugzeugmodells bei Vermehrung des Anstellwinkels um Eins. Wir können diese Größe auch als reziproken Wert des „wirksamen" Anstellwinkels bezeichnen, wenn der Auftrieb linear angenommen wird. Ist $A = c(\alpha_0 + \alpha)$, so ist offenbar

$$\frac{1}{A}\frac{dA}{d\alpha} = \frac{1}{\alpha_0 + \alpha}.$$

Diese Größe ist sicher mehrfach größer als der Gleitwinkel ε. Vergleichen wir die beiden anderen Größen, so wäre z. B. für $U = 25$ m, $l = 5$ m, $\delta = 1$ das Verhältnis

$$\frac{\frac{l}{U}\delta}{\frac{U}{g}} = \delta\frac{lg}{U^2} = \frac{5}{62{,}5} = {}^1/_{12} - {}^1/_{13}$$

so daß wir ohne erhebliche Beeinträchtigung der Resultate die Vernachlässigung uns erlauben können. Rechnen wir dann die Determinante aus, so erhalten wir folgende Gleichung vierten Grades:

$$\left\{\frac{U^2}{g^2}\sigma^2 + \frac{\zeta'_A}{\zeta_A}\sigma + 2\left(1 - \frac{\zeta'_W - \varepsilon\zeta_A}{\zeta_A'}\right)\right\}\left\{\frac{U}{g}\sigma + \frac{\delta l^2}{\varkappa^2}\right\}\frac{U}{g}\sigma + \frac{h_r\frac{U^2}{g}}{\varkappa^2}\left\{\frac{U^2}{g^2}\sigma^2 + 2\frac{U}{g}\sigma\varepsilon + 2\right\} = 0.$$

Eine weitere Vereinfachung der Gleichung können wir erreichen, wenn wir berücksichtigen, daß die Flugzeuge beim normalen Flug so eingestellt werden, daß der Gleitwinkel des gesamten Flugzeuges seinen kleinsten oder wenigstens nahezu kleinsten Wert erreicht. Die Bedingung $\varepsilon = $ Min. liefert

$$\frac{d\left(\frac{\zeta_W}{\zeta_A}\right)}{d\alpha} = \frac{\zeta_A\zeta'_W - \zeta_W\zeta'_A}{\zeta_A^2} = \frac{\zeta'_W - \varepsilon\zeta'_A}{\zeta_A} = 0.$$

Ist diese Bedingung auch nicht streng erfüllt, so ist es doch anzunehmen, daß die Größe $\frac{\zeta'_W - \varepsilon\zeta'_A}{\zeta_A}$ klein gegen 1 ist. Mit dieser letzten Vernachlässigung können wir unsere Gleichung in folgender Weise schreiben:

$$\left\{\frac{U^2}{g^2}\sigma^2 + \frac{\zeta'_A}{\zeta_A}\sigma\frac{U}{g} + 2\right\}\left\{\frac{U}{g}\sigma + \frac{\delta l^2}{\varkappa^2}\right\}\frac{U g}{\sigma} + \frac{h_r\frac{U^2}{g}}{\varkappa^2}\left(\frac{U^2}{g^2}\sigma^2 + 2\frac{U}{g}\sigma\varepsilon + 2\right) = 0.$$

Man sieht, daß es sich empfiehlt, $\frac{U}{g}\sigma\frac{1}{\sqrt{2}} = z$ als Unbekannte einzuführen, und wir erhalten schließlich mit den Bezeichnungen

$$p = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{\delta l^2}{x^2} = \frac{\zeta'_d}{\zeta_A} \frac{f}{F} \frac{l^2}{x^2} \frac{1}{\sqrt{2}}, \qquad a = \frac{\zeta'_A}{\zeta_A} \sqrt{2}$$

$$q = \frac{h_r \frac{U^2}{2g}}{x^2} = \frac{h_r H}{x^2}, \qquad b = \varepsilon \sqrt{2} \tag{3}$$

die Gleichung

$$(z^2 + a z + 1)(p + z) z + q (z^2 + b + 1) = 0. \tag{4}$$

Die vier Größen charakterisieren vollkommen das Verhalten des Flugzeuges.

§ 5. Der Grenzfall des statisch neutralen Flugzeuges. Ein Flugzeug ist statisch neutral, wenn die resultierende metazentrische Höhe h_r gleich 0 ist. In diesem Falle zerfällt die Gleichung 4 in zwei Gleichungen zweiten Grades, die einfach zu lösen sind. Wir erhalten die vier Wurzeln

$$z_1 = -\frac{a}{2} + \sqrt{\frac{a^2}{4} - 1}, \quad z_2 = -\frac{a}{2} - \sqrt{\frac{a^2}{4} - 1}$$

$$z_3 = -p, \qquad z_4 = 0.$$

Sämtliche Wurzeln bis auf die Nullwurzel bedeuten aperiodisch gedämpfte Bewegungen, die sich physikalisch sehr einfach deuten lassen:

a) Nimmt man an, daß das Flugzeug nur zu sich parallel schwingen könnte (d. h. ersetzt man den dritten Freiheitsgrad durch die Zwangsbedingung $\varphi = 0$), so lauten die Bewegungsgleichungen nach 1

$$\frac{U}{g} \frac{d}{dt}\left(\frac{u}{U}\right) = -2\varepsilon \frac{u}{U} - \left(\frac{\zeta'_W}{\zeta_A} - 1\right) \vartheta$$

$$-\frac{U}{g} \frac{d}{dt} \vartheta \quad = 2 \frac{u}{U} + \frac{\zeta'_A}{\zeta_A} \vartheta$$

Eliminiert man u, so erhalten wir mit den eingeführten Vernachlässigungen die Differentialgleichung

$$\frac{M^2}{g^2} \frac{d^2\vartheta}{dt^2} + \frac{\zeta'_A}{\zeta_A} \frac{U}{g} \frac{d\vartheta}{dt} + 2\vartheta = 0 \tag{5}$$

und die Lösung lautet $\vartheta_0 e^{-\lambda t}$ wobei

$$\lambda = -\frac{\zeta'_A}{2\zeta_A} \frac{g}{U} \pm \sqrt{\left(\frac{\zeta'_A g}{2\zeta_A U}\right)^2 - \frac{2g^2}{U^2}}$$

beträgt. Die beiden ersten Wurzeln liefern also die Dämpfung eines mit sich parallel schwingenden Flugzeuges. Diese ist allein bedingt durch die Auftriebsvermehrung a.

b) Nimmt man die Freiheitsgrade der Schwerpunktsbewegung weg und läßt nur die Drehung um den Schwerpunkt frei, so hat man eine einzige Bewegungsgleichung,

$$\frac{x^2}{g} \frac{d^2\varphi}{dt^2} = -\frac{\zeta'_d}{\zeta_A} \frac{f}{F} \frac{l^2}{U} \frac{d\varphi}{dt} \tag{6}$$

Die Dämpfung dieser ebenfalls aperiodisch gedämpften Bewegung beträgt $\lambda = -p \frac{g t}{U\sqrt{2}}$, in Übereinstimmung mit der Wurzel z_3. Sie ist bestimmt durch p, d. h. durch die dämpfende Wirkung der Flossen.

Wir bezeichnen den Faktor p als Dämpfungsmoment. Es ist ein Maß für die Dämpfungswirkung der Flossen und stellt das Verhältnis der beiden „Flächenträgheitsmomente" $f\,l^2$ und $F\,\varkappa^2$ dar, multipliziert mit dem Verhältnis der beiden Auftriebsfaktoren ζ_d' und ζ_A. Die Größe p ist eine reine Verhältniszahl und wohl eine der wichtigsten konstruktiven Größen des Flugzeuges in bezug auf Stabilität.

§ 6. Der Grenzfall des statisch stark stabilen Flugzeuges. Ist die resultierende metazentrische Höhe h sehr groß, so ist das Flugzeug statisch stark stabil. Für diesen Fall erhalten wir die Wurzeln durch folgende Überlegung:

Es sind zwei Fälle möglich:

a) Sind die Wurzeln der Gleichung vierten Grades klein gegen $\sqrt{q}$, so ist alles, was mit dem großen Parameter q multipliziert ist, überwiegend gegen die anderen Glieder, d. h. wir haben als angenäherte Gleichung

$$z^2 + b\,z + 1 = 0. \tag{7}$$

b) Der zweite Fall ist der, daß z von derselben Größenordnung ist wie $\sqrt{q}$; dann sind aber nur die höchsten Potenzen von z maßgebend; z^3 ist neben z^4 und z neben z^2 zu vernachlässigen. Wir erhalten also als erste Näherung

$$z^4 + q\,z^2 = 0$$

oder

$$z = \pm\, i\, q. \tag{8}$$

Man sieht, der Fall a liefert zwei Wurzeln, der Fall b ebenfalls zwei Wurzeln der Schwingungsgleichung. Will man diese physikalisch deuten, so ist dies ebenfalls außerordentlich einfach.

Die beiden ersten Wurzeln entsprechen der sogenannten „Phygoidbewegung", wie sie zuerst in seinem anregenden Buche von Lanchester behandelt worden ist. In der Tat braucht man nur die von Lanchester getroffene Annahme eines konstanten Anstellwinkels gegen die Flugbahntangente in die Bewegungsgleichungen einzuführen, so kommt man zu einer einfachen Schwingungsgleichung zweiter Ordnung, die unmittelbar die Gleichung 7) als Frequenzgleichung liefert. Die zwei weiteren Wurzeln sind noch einfacher zu deuten. Man denke sich das Flugzeug im Windkanal um den Schwerpunkt drehbar befestigt. Erleidet nun das Flugzeug eine Verdrehung φ, so ist das rückdrehende Moment — wie es weiter oben ausgeführt wurde — $G\,h_r\,\varphi$, das Trägheitsmoment $\frac{G}{g}\varkappa^2$. Die Schwingungsgleichung des Pendels wäre daher — mit Vernachlässigung der Dämpfungswirkung der Flossen —

$$\frac{G}{g}\varkappa^2\frac{d^2\varphi}{dt^2} + G\,h_r\,\varphi = 0$$

und die Schwingungsfrequenz

$$\nu = \sqrt{\frac{h_r\,g}{\varkappa^2}}.$$

Man kann also sagen, $\frac{x^2}{h_r} = L$ ist eine Art Pendellänge, die wir als „Länge des äquivalenten Pendels" bezeichnen wollen. Der Faktor $q = \frac{H}{L}$ liefert alsdann das Verhältnis zwischen äquivalenter Pendellänge und der Geschwindigkeitshöhe, die der Fallgeschwindigkeit entspricht. Man kann das statisch stark stabile Flugzeug folgendermaßen charakterisieren: es hat zwei Bewegungstypen: eine Schwerpunktsschwingung (Phygoidbewegung) und eine Pendelschwingung, deren Schwingungszeiten durch die Formeln

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{H}{g}}$$

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

ausgedrückt werden können, d. h. die Schwerpunktsschwingung hat eine Schwingungszeit entsprechend einem mathematischen Pendel von der Länge der Geschwindigkeitshöhe, die Drehschwingung eine Schwingungszeit entsprechend der äquivalenten Pendellänge.

Die Verhältniszahl q gibt unmittelbar das Verhältnis der Quadrate beider Schwingungszeiten an. Wir nennen q das Stabilisierungsmoment.

§ 7. **Die Trennung der Stabilitätsparameter p und q.** Die angeführten Grenzfälle zeigten uns die anschauliche Bedeutung der beiden Parameter p und q. Soll bei der Dimensionierung die Rücksicht auf Längsstabilität eine Rolle spielen, so müssen die Werte p und q so bestimmt werden, daß das Flugzeug die gewünschte Schwingungszeit und hauptsächlich die gewünschte Schwingungsdämpfung besitzt. Um diesen Zweck zu erreichen, scheint es das einfachste zu sein, die andern Größen, die in der Frequenzgleichung noch vorkommen, durch Mittelwerte zu ersetzen und so einmal den Einfluß der beiden Parameter p und q zu diskutieren. In unserer vereinfachten Gleichung sind außer p und q nur zwei Größen stehen geblieben: die Auftriebsvermehrung $\frac{\zeta'_A}{\zeta_A}$ und der Gleitwinkel $\varepsilon = \frac{\zeta_W}{\zeta_A}$. Wir haben nun auf Grund des von Eiffel veröffentlichten Materials für einige der von ihm untersuchten Flugzeugmodelle die Werte dieser beiden Größen für die günstigste Einstellung ermittelt. Dies führt zu der folgenden Tabelle:

Flugzeug	Günstigster Anstellwinkel	$\varepsilon = \frac{\zeta_W}{\zeta_A}$	$\frac{\zeta'_A}{\zeta_A}$
Balsan	8^0	0,21	5,45
Paulhan-Tatin	9^0	0,18	6,05
M. Farman	8^0	0,24	5,2
Esnault-Pelterie	6^0	0,205	5,75
Nieuport	6^0	0,20	5,5

Den folgenden Berechnungen sind die Mittelwerte

$$a = \frac{1}{\sqrt{2}}\frac{\zeta'_A}{\zeta_A} = 4\left(\frac{\zeta'_A}{\zeta_A} = 5{,}66\right),\quad b = \varepsilon\sqrt{2} = 0{,}283 \text{ (entsprechend } \varepsilon = 0{,}20)$$

zugrunde gelegt. Die Resultate werden durch geringfügige Veränderungen in diesen Größen sicher nur praktisch geringfügige Verschiebungen erfahren, doch kann unser Verfahren unschwer — wenn es von erheblich abweichenden Flugzeugtypen handeln würde, unschwer mit anderen Konstanten durchgeführt werden (vgl. § 11).

Um nun in dem allgemeinen Falle bei beliebigen Werten der beiden maßgebenden Parameter p und q das Verhalten des Flugzeuges beurteilen zu können, müssen wir die Wurzeln der Stabilitätsgleichung:

$$\text{I.} \qquad (z^2 + a\,z + 1)\,(p\,z + z^2) + q\,(z^2 + b\,z + 1) = 0$$

diskutieren, wobei a, b, p und q die oben angegebenen Bedeutungen haben. Ist $z = \lambda + i\,\nu$ eine Wurzel der Gleichung I, so bestimmt sie eine mögliche Schwingung des Flugzeuges von der Form:

$$A\,e^{\lambda\tau}\sin(\nu\tau - \alpha),$$

wobei $\tau = \frac{g\,t}{U}\sqrt{2}$ bedeutet, d. h. als Zeiteinheit gewissermaßen die Schwingungszeit des Pendels von der Länge $H = \frac{U^2}{2g}$ gewählt wurde.

Der reelle Teil λ entscheidet dann über die Stabilität; ist λ positiv, so wächst die Amplitude der Schwingung mit der Zeit an, das Flugzeug ist also instabil; ist λ aber negativ, so nimmt die Amplitude mit der Zeit ab, das Flugzeug ist stabil, Stabilitätsbedingung ist also, daß überhaupt keine Schwingung mit wachsender Amplitude möglich ist, daß also alle vier Wurzeln der Gleichung I einen negativen reellen Teil haben. Der absolute Betrag von λ gibt uns bei einer gedämpften Bewegung an, wie rasch eine solche Schwingung abklingt; wir wählen deshalb λ als Maß für die Dämpfung und werden auch einfach λ als „die Dämpfung" bezeichnen.

Nun wäre es offenbar möglich, die Wurzeln der Gleichung I etwa nach algebraischen Methoden auszurechnen und die Stabilitätsdiskussion nach jenen Methoden durchzuführen; ein solches Verfahren kann jedoch kaum übersichtlich durchgeführt werden. Unser Verfahren besteht demgegenüber darin, daß wir nicht für gegebene Werte von p und q die Wurzeln der Stabilitätsgleichung berechnen, sondern uns vielmehr die Werte von z vorgeben und danach die Werte von q und p bestimmen, die die Gleichung I befriedigen. Tun wir dies für eine hinreichende Menge von z-Werten und markieren uns in einer p, q-Ebene zu jedem Werte von z den zugehörigen Punkt p, q, so erhalten wir ein Diagramm, aus dem wir dann auch umgekehrt für gegebene p und q die Wurzelwerte z entnehmen können.

Dieses wollen wir jetzt für unseren Fall durchführen.

§ 8. Die reellen Wurzeln der Stabilitätsgleichung. Zur Abkürzung wollen wir die Gleichung I folgendermaßen schreiben:

$$p\,f(z) + q\,g(z) + h(z) = 0$$

indem wir:

$$\begin{aligned} f(z) &= z\,(z^2 + a\,z + 1) \\ g(z) &= z^2 + b\,z + 1 \\ h(z) &= z^2\,(z^2 + a\,z + 1) = z \cdot f(z) \end{aligned}$$

setzen.

Wir betrachten zunächst die reellen Wurzeln; ist λ eine solche, so stellt Gleichung I eine lineare Beziehung zwischen p und q dar, d. h. alle die Wertepaare p, q, für die die Gleichung I eine bestimmte Wurzel λ hat, liegen in der p, q-Ebene auf einer geraden Linie. Diese Geraden sind also Linien gleicher Dämpfung. — Wir denken uns nun für alle reellen Wurzeln $\lambda = -\infty$ bis $\lambda = +\infty$ diese Geraden gezeichnet. Diese tangieren alle eine Hüllkurve C, die wir in bekannter Weise durch Elimination von λ aus den Gleichungen

$$p\,f(z) + q\,g(z) + h(z) = 0$$
$$p\,f'(z) + q\,g'(z) + h'(z) = 0$$

finden.

Die Hüllkurve C gibt uns nun die Mittel zur Untersuchung der Realität der Wurzeln unserer Gleichung. Da C die Einhüllende für alle die Geraden ist, die einer reellen Wurzel entsprechen, so muß auch jede solche Gerade eine Tangente der Hüllkurve sein, und jede Tangente an die Hüllkurve muß einer reellen Wurzel der Gleichung entsprechen. Konstruieren wir uns also die Hüllkurve für unsere Stabilitätsgleichung, so gibt es für ein Wertepaar p, q so viele reelle Wurzeln als die Zahl der reellen Tangenten, die wir von dem Punkte p, q aus an die Hüllkurve ziehen können. Gebiete, von denen man vier reelle Tangenten an die Hüllkurve ziehen kann, umfassen dann solche Werte des Dämpfungs- und des Stabilisierungsmomentes, für die vier aperiodische, gedämpfte oder ungedämpfte Bewegungen des Flugzeuges möglich sind, Gebiete mit zwei reellen Tangenten solche, für die zwei aperiodische und zwei periodische, und schließlich Gebiete ohne reelle Tangenten solche Werte, für die vier periodische Bewegungen möglich sind. Die Hüllkurve selbst begrenzt offenbar die verschiedenen Gebiete; überschreitet man sie, so gehen ein Paar Wurzeln aus dem Reellen ins Komplexe über, oder umgekehrt; sie besteht aus den Werten p, q, für die die Gleichung I reelle Doppelwurzeln hat.

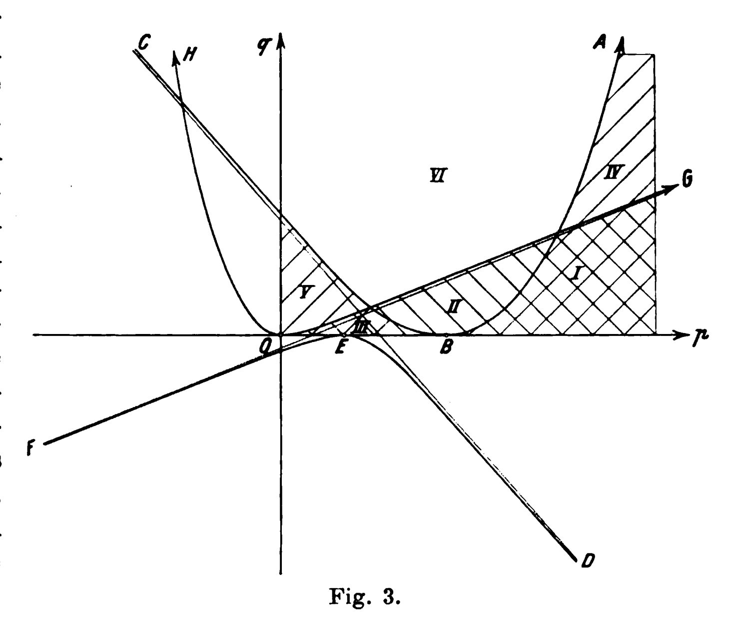


Fig. 3.

Unsere erste Aufgabe besteht also darin, die Hüllkurve für die Geraden gleicher Dämpfung zu konstruieren. Wir erhalten sie, indem wir für eine genügende Zahl von Werten λ die Geraden gleicher Dämpfung: $\lambda = \text{const}$ zeichnen, so daß die einhüllende Kurve genau genug bestimmt ist. In der Figur 3 sind die Geraden selbst nicht mit eingezeichnet, um die Übersichtlichkeit der Figur nicht zu beeinträchtigen.

Außerdem ist Fig. 3 gegen die wirklichen Verhältnisse etwas verzeichnet, damit die charakteristischen Eigenschaften der Hüllkurve etwas deutlicher hervortreten. Den genauen Zeichnungen sind die Werte $a = 4$, $b = 0{,}2 \cdot \sqrt{2} = 0{,}283$ zugrunde gelegt.

Für die Geraden $\lambda = \text{const}$ erhalten wir in der p, q-Ebene den Schnittpunkt mit der p-Achse, indem wir $q = 0$ setzen: $p_0 = -\lambda$; für die Neigung erhalten wir

$$\operatorname{tg} \alpha = -\lambda \frac{\lambda^2 + a\lambda + 1}{\lambda^2 + b\lambda + 1}.$$

Wir erkennen, daß für $a = 4$, $b = 0{,}283$ der Nenner dieses Ausdrucks nicht verschwindet, der Zähler dagegen drei Nullstellen hat,

$$\lambda_0 = 0; \ \lambda_1 = -2 + \sqrt{3} = -0{,}268; \ \lambda_2 = -2 - \sqrt{3} = -3{,}732.$$

Für diese Werte wird also die Neigung Null; zwischen den Nullstellen $\lambda_2 = -3{,}732$ und $\lambda_1 = -0{,}268$ liegt bei $\lambda = -1{,}567$ ein minimaler Wert der Neigung, zwischen den Nullstellen $\lambda_1 = -0{,}268$ und $\lambda_0 = 0$ bei $\lambda = -0{,}129$ ein maximaler Wert der Neigung. Zeichnen wir jetzt die Geraden, indem wir bei großen negativen Werten von λ beginnen, so erhalten wir folgenden Verlauf der Hüllkurve. A sei der Punkt im Unendlichfernen für $\lambda = -\infty$ ($p = +\infty$, $q = +\infty$; siehe Figur 3).

Bei $\lambda = -3{,}732$ wird die Gerade horizontal und fällt mit der p-Achse zusammen. Diesen Punkt wollen wir mit B bezeichnen. Hier berührt die Hüllkurve die p-Achse, zwischen A und B hat sie den Charakter einer Parabel. Lassen wir λ weiter von $-3{,}732$ aus zunehmen, so nähert sich die Hüllkurve einer Asymptoten, die durch die Gerade minimaler Neigung $\lambda = -1{,}567$ gebildet wird, in der Figur durch C bezeichnet. Wächst jetzt λ von $-1{,}567$ bis $-0{,}268$, so kehrt die Hüllkurve auf der anderen Seite der Asymptoten aus dem Unendlichen zurück (D in Figur 3) und berührt bei $\lambda = -0{,}268$ die p-Achse zum zweiten Male (E). Der Wert $\lambda = -0{,}129$, für den die Neigung der Geraden gleicher Dämpfung wieder einen stationären Wert (Maximum) hat, liefert wieder eine Asymptote der Hüllkurve, die ziemlich dicht an der p-Achse verläuft. Die Hüllkurve kehrt wieder nach Art einer Hyperbel (F und G in der Figur) aus dem Unendlichen zurück, berührt für $\lambda = 0$ die p-Achse im Koordinatenanfangspunkt und geht dann für die wachsenden positiven Werte von λ parabolisch ins Unendliche (O, H in der Figur).

Die so gewonnene Hüllkurve bestimmt vollständig sämtliche reelle Wurzeln der Stabilitätsgleichung. Wir brauchen nur von dem gegebenen Punkte p, q aus alle möglichen Tangenten zur Hüllkurve zu ziehen: die Schnittpunkte dieser Tangenten mit der p-Achse liefern unmittelbar die entsprechenden Dämpfungswerte, wie dies z. B. in Figur 4 ersichtlich ist.

§ 9. Abgrenzung der Gebiete reeller und komplexer Wurzeln. Von den Gebieten, in die die p, q-Ebene durch die verschiedenen Äste der Hüllkurve und die Koordinatenachsen geteilt wird, können wir uns nun für die Stabilitätsdiskussion von vornherein auf den ersten Quadranten beschränken. Zunächst ist nämlich das Dämpfungsmoment p seiner mechanischen Bedeutung nach eine positive Größe, so daß die linke Halbebene schon an und für sich in Fortfall kommt. Ferner

können wir sofort erkennen, daß der vierte Quadrant ($p > 0$, $q < 0$) sicher zum Gebiete der Instabilität gehört; denn man kann von jedem Punkte des vierten Quadranten reelle Tangenten an den Ast O-H der Hüllkurve ziehen, und wir haben oben gesehen, daß die Tangenten an diesen Ast die positiven reellen Wurzeln der Stabilitätsgleichung repräsentieren, d. h. für $q < 0$ gibt es stets aperiodische instabile Bewegungen des Flugzeugs, d. h.: jedes statisch labile Flugzeug ist auch dynamisch labil.

Wir beschränken uns also auf den ersten Quadranten und bemerken zunächst, daß es hier keine aperiodischen wachsenden Bewegungen mehr geben kann, da wir von hier aus keine reellen Tangenten an den Ast O-H der Hüllkurve ziehen können, der diesen Lösungen entspricht. Labilität können also nur die periodischen Bewegungen liefern.

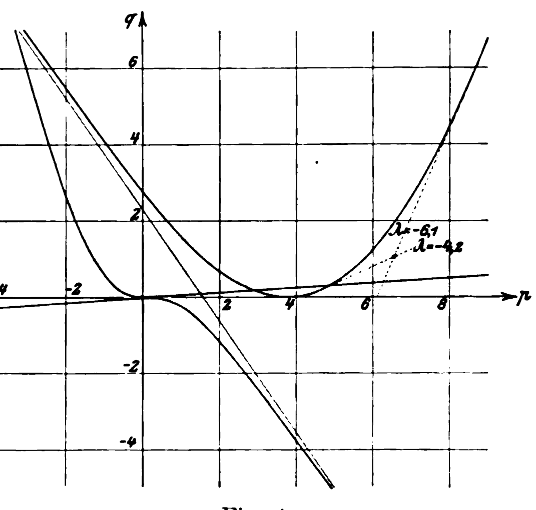


Fig. 4.

Wir betrachten jetzt die Gebiete, in die der erste Quadrant durch die beiden Äste A-B-C und O-G geteilt wird, und die in der Figur 3 durch I, II, III, IV, V und VI bezeichnet sind. Nehmen wir zunächst die Gebiete I, II und III, die unterhalb des Astes O-G liegen, so erkennen wir, daß man von jedem Punkte dieser drei Gebiete zwei reelle Tangenten an die Hüllkurve ziehen kann, die die p-Achse zwischen $p = 0$ und $p = 0{,}268$ schneiden; die eine dieser Tangenten berührt den Ast O-G in der Nähe des Nullpunktes, die andere den Ast E-F, wenn man sich unterhalb, den Ast O-G, wenn man sich oberhalb der Asymptote F-G befindet. Diese Wurzeln mit kleinem λ entsprechen schwach gedämpften Bewegungen des Flugzeuges; sie werden komplex, wenn wir die Hüllkurve längs O-G überschreiten. Nehmen wir zweitens die Gebiete IV, I, III, V, die unterhalb des Astes A-B-C der Hüllkurve liegen, so erkennen wir, daß man von jedem Punkte dieser vier Gebiete zwei reelle Tangenten ziehen kann, die die p-Achse oberhalb $p = 0{,}268$ schneiden; in den Gebieten IV und I berühren beide Tangenten das Stück B-A der Hüllkurve, in III und V berührt die eine Tangente das Stück B-C in der Nähe von C, die andere das Stück B-C oder das Stück D-E, je nachdem man sich oberhalb oder unterhalb der Asymptoten C-D befindet. Diese Wurzeln werden komplex, wenn man die Hüllkurve längs C-B-A überschreitet. Da für diese Wurzeln der Betrag von λ durchweg größer ist als für die obengenannten, werden wir die entsprechenden Bewegungen im Gegensatz zu jenen als „die stark gedämpften“ bezeichnen. Es bleibt jetzt nur noch das Gebiet VI übrig. Von hier aus gibt es gar keine Tangenten an die Hüllkurve, also gar keine reellen Wurzeln, alle Bewegungen des Flugzeuges sind periodisch.

Mit dem Gesagten beherrschen wir die aperiodischen Bewegungen jetzt vollständig. In dem ganzen Quadranten gibt es überhaupt keine ungedämpften

Lösungen, von den gedämpften liegen in I und III zwei stark und zwei schwach gedämpfte, in II zwei schwach gedämpfte und in IV und V zwei stark gedämpfte Lösungen.

§ 10. Stabilität der periodischen Bewegungen. Es bleibt uns jetzt noch übrig, zu untersuchen, wie sich die Dämpfung der periodischen Bewegungen verhält. Da liegt zunächst eine Vermutung nahe, die sich auch bestätigt, daß nämlich die periodischen Bewegungen, die aus den stark gedämpften aperiodischen Bewegungen

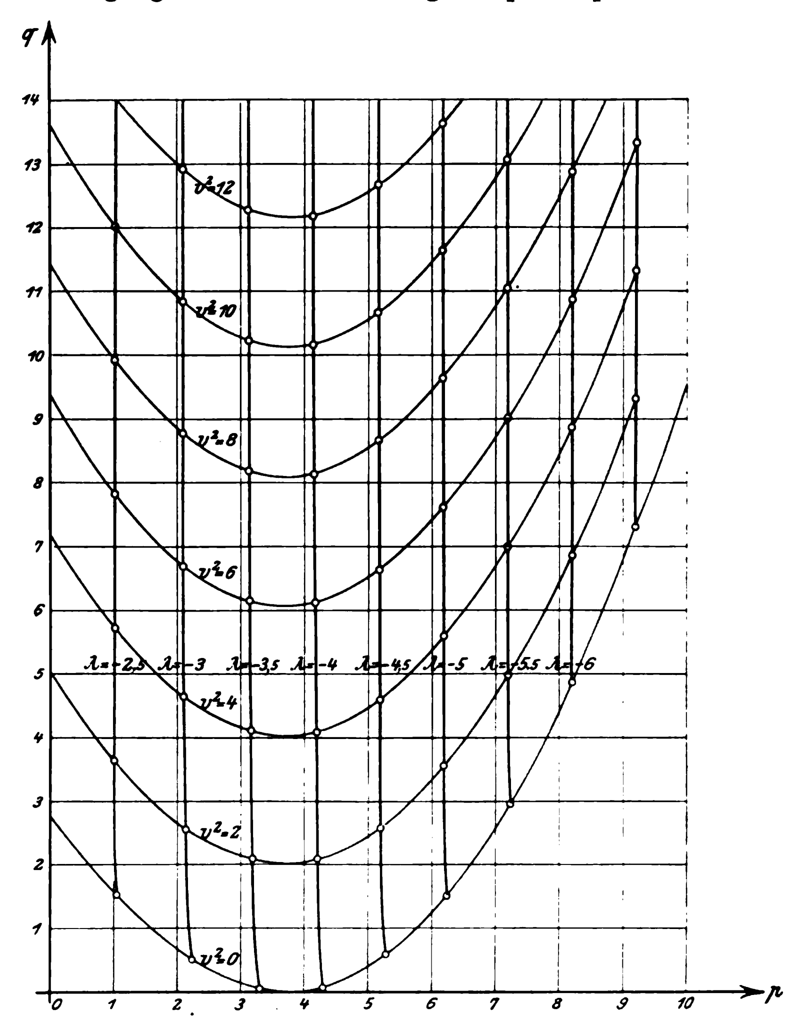


Fig. 5. Stark gedämpft. Schnelle (Dreh-) Schwingung.

hervorgehen, wenn wir die Hüllkurve längs C-B-A überschreiten, ebenfalls stark gedämpft sind. Bei den schwach gedämpften wird sich zeigen, daß sie auch instabil werden können, aber jedenfalls können wir die Unterscheidung zwischen stark und schwach gedämpften Schwingungen festhalten, denn für die ersteren bleibt der absolute Betrag von λ oberhalb 2, für die letzteren unterhalb 0,129. Zur Erhöhung der Übersichtlichkeit haben wir deshalb auch in den Zeichnungen die starken von den schwachen Wurzeln vollständig getrennt; Fig. 5 gibt die Dar-

stellung für die stark gedämpften Schwingungen, Fig. 6 für die schwach gedämpften.

Die Darstellung wird hier etwas komplizierter als bei den reellen Wurzeln. Zunächst müssen wir die Stabilitätsgleichung

$$p\,f(z) + q\,g(z) + h(z) = 0$$

in reellen und imaginären Teil zerlegen.

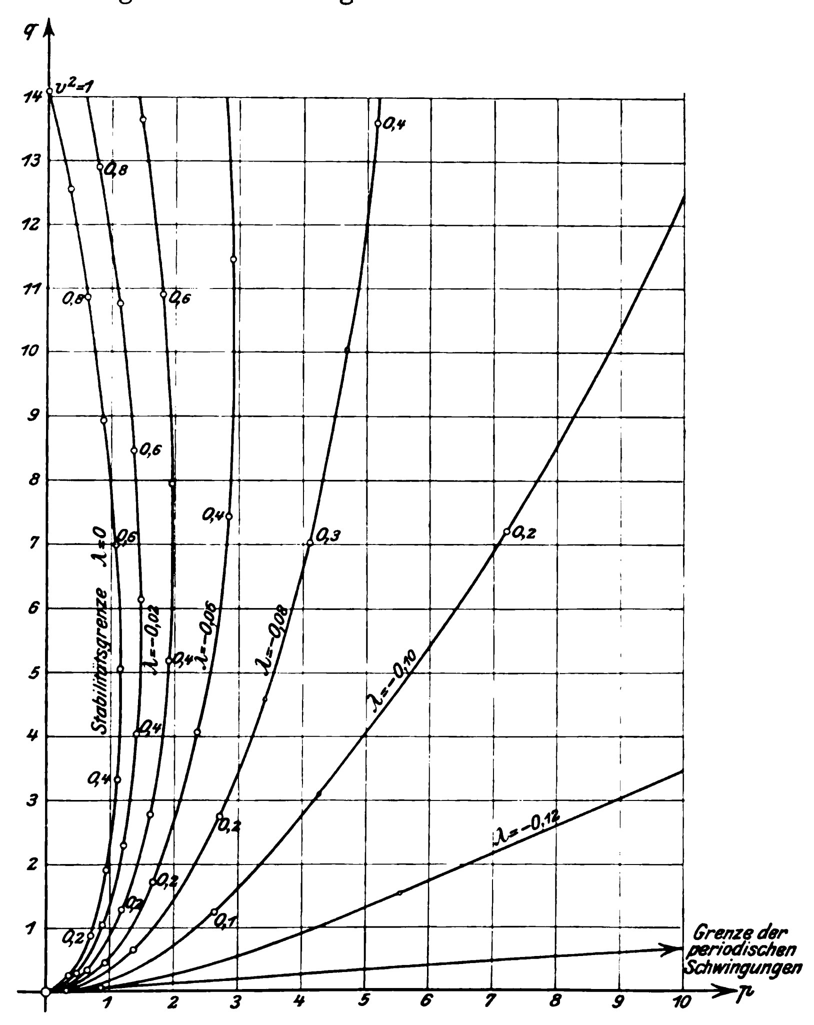


Fig. 6. Schwach gedämpft. Langsame (Verschiebungs-) Schwingung.

Da p und q reelle Größen sind, so sind für komplexes $z = \lambda + i\nu$ lediglich die drei ganzen Funktionen f, g, und h in reellen und imaginären Teil zu trennen. Das geschieht am einfachsten nach der Formel von Taylor, z. B.:

$$f(\lambda + i\nu) = f(\lambda) + i\nu f'(\lambda) - \nu^2 \frac{f''(\lambda)}{2!} - i\nu^3 \frac{f'''(\lambda)}{3!}$$

$$= f(\lambda) - \nu^2 f''(\lambda) + i\nu \left\{ f'(\lambda) - \nu^2 \frac{f'''(\lambda)}{3!} \right\}.$$

Die Formel bricht offenbar für eine Funktion n-ten Grades nach dem n — 1-ten Gliede ab, da die höheren Differentialquotienten alle Null sind.

Auf diese Weise erhalten wir die Zerlegung der Stabilitätsgleichung

$$p\left(f(\lambda) - \nu^2 \frac{f''(\lambda)}{2!}\right) + q\left(g(\lambda) - \nu^2 \frac{g''(\lambda)}{2!}\right) + h(\lambda) - \nu^2 \frac{h''(\lambda)}{2!} + \nu^4 \frac{h^{IV}}{4!} = 0$$

$$p\left(f'(\lambda) - \nu^2 \frac{f'''(\lambda)}{3!}\right) + q\left(g'(\lambda) - \nu^2 \frac{g'''(\lambda)}{3!}\right) + h'(\lambda) - \nu^2 \frac{h'''(\lambda)}{3!} = 0,$$

wo ein beim Imaginärteil heraustretender Faktor ν bereits weggelassen ist.

Im Unterschiede zu den reellen Wurzeln, wo einem gegebenen Werte von λ eine ganze Gerade in der p, q-Ebene entsprach, haben wir hier zwei lineare Gleichungen für p und q, aus denen wir bei gegebenen λ und ν nur ein bestimmtes Wertepaar p, q berechnen. Halten wir λ konstant und variieren ν, so erhalten wir eine Kurve in der p, q-Ebene, und zwar eine Kurve gleicher Dämpfung. Halten wir dagegen ν konstant und variieren λ, so erhalten wir eine Kurve gleicher Frequenz ν.

In den Fig. 5 und 6 sind die Kurven gleicher Dämpfung für die stark und für die schwach gedämpften Schwingungen gezeichnet, in 5 auch die Kurven gleicher Frequenz. Wie wir bereits bemerkten, bleiben die stark gedämpften Schwingungen im ganzen Quadranten stabil und stark gedämpft. Die schwach gedämpften dagegen können instabil werden, d. h. λ kann positiv werden; die Grenze des Stabilitätsgebietes erhalten wir in der Kurve $\lambda = 0$ (s. Figur 6). Setzen wir dies in die obenstehenden Gleichungen ein, so erhalten wir die Koordinaten der Stabilitätsgrenze ausgedrückt als Funktion des Parameters ν

$$p = \frac{\nu^2(\lambda - \nu^2)(a - b)}{(1 - \nu^2 l^2 + a b \nu^2} \qquad q = \nu^2 \frac{a^2 \nu^2 + (1 - \nu^2)^2}{a b \nu^2 + (1 - \nu^2)^2}.$$

§ 11. Näherungsmethode zur direkten Berechnung der Wurzeln. Die Kurven starker Dämpfung zeigen ein sehr einfaches Verhalten. Man sieht an der Figur 5, daß die Dämpfung in guter Näherung nur von p abhängt, und zwar fast genau linear mit p wächst. Ebenso erkennt man, daß die Quadrate der Frequenzen bei festem p sehr nahe linear mit q wachsen.

Dies Verhalten legt den Gedanken nahe, hier Näherungsformeln für die Wurzeln aufzustellen. Dies gelingt nun in der Tat, und zwar dank dem Umstande, daß die stark gedämpften Schwingungen zugleich große Frequenz haben und die schwach gedämpften zugleich schwache Frequenz, d. h. daß zu den großen λ-Werten auch große ν-Werte gehören und zu den kleinen λ-Werten kleine ν-Werte, so daß wir stets zwei Wurzeln von großem absoluten Betrag haben und zwei Wurzeln von kleinem absoluten Betrag.

Wir schreiben die Stabilitätsgleichung:

$$(z^2 + a z + 1)(p z + z^2) + q(z^2 + b z + 1) = 0$$

ausmultipliziert in der Form

$$z^4 + (a + p) z^3 + (ap + q + 1) z^2 + (p + b q) z + q = 0.$$

Bezeichnen wir jetzt die vier Wurzeln durch:

$$\Lambda + i N, \qquad \Lambda - i N, \qquad \lambda + i \nu, \qquad \lambda - i \nu$$

und setzen ferner zur Abkürzung:

$$\Sigma = (\Lambda + \iota N) + (\Lambda - \iota N) = 2\Lambda$$
$$\Pi = (\Lambda + \iota N)(\Lambda - \iota N) = \Lambda^2 + N^2$$
$$\sigma = (\lambda + \iota \nu) + (\lambda - \iota \nu) = 2\lambda$$
$$\pi = (\lambda + \iota \nu)(\lambda - \iota \nu) = \lambda^2 + \nu^2.$$

Dann ist bekanntlich die Summe aller vier Wurzeln gleich dem Negativen des ersten Koeffzienten, die Summe der Produkte aus je zwei verschiedenen Wurzeln gleich dem zweiten Koeffizienten, die Summe der Produkte aus je drei verschiedenen Wurzeln gleich dem Negativen des dritten Koeffzienten, und schließlich das Produkt aller vier Wurzeln gleich dem absoluten Glied der Gleichung. In Σ, Π und σ, π ausgedrückt lauten diese Beziehungen:

$$\Sigma + \sigma = -(a + p)$$
$$\Pi + \Sigma\sigma + \pi = a p + q + 1$$
$$\Sigma\pi + \Pi\sigma = -(p + b q)$$
$$\Pi\pi = q.$$

Sind nun λ und ν klein gegen Λ und N und damit σ und π klein gegen Σ und Π, so können wir in den beiden ersten Gleichungen die übrigen Glieder gegen die beiden ersten Glieder vernachlässigen und erhalten in erster Näherung:

$$\Sigma = -(a + p) \qquad \Pi = a p + q + 1$$

oder

$$\Lambda = -\frac{a + p}{2}, \qquad N^2 = a p + q + 1 - \left(\frac{a + p}{2}\right)^2 = q + 1 - \left(\frac{a - p}{2}\right)^2;$$

worin die oben gemachten Bemerkungen enthalten sind, daß Λ angenähert nur von p linear abhängt und ebenso N^2 bei festem p von q linear abhängen solle.

Will man nun auch für die Dämpfung und die Frequenz der schwach gedämpften Schwingungen Näherungswerte finden, so geht man mit den eben bestimmten Näherungswerten für Σ und Π in die dritte und vierte der obenstehenden Gleichungen ein und berechnet daraus σ und π.

Diese ersten Näherungswerte kann man nun noch weiter verbessern, indem man mit den Näherungswerten für σ und π wieder in die ersten beiden Gleichungen eingeht und so zweite Näherungen für Σ und Π gewinnt. Mit diesen findet man dann wieder aus den beiden letzten Gleichungen zweite Näherungen für σ und π und so fort. Das Verfahren konvergiert sehr rasch; in den allermeisten Fällen reicht die zweite Näherung vollkommen aus. Ich gebe hier noch ein Beispiel für die Methode, um sie zu erläutern und um die rasche Konvergenz zu zeigen.

Wir wählen p = 4, q = 4 und rechnen die nacheinander folgenden Näherungen von Σ, Π, σ, π aus, wodurch natürlich auch die Wurzeln selbst gegeben sind.

$$\Sigma_1 = -(a + p) = -8$$
$$\Pi_1 = a p + q + 1 = 21$$
$$\pi_1 = q/\Pi_1 = 0{,}191$$
$$\sigma_1 = -\frac{(p + b q) - \Sigma_1\pi_1}{\Pi_1} = -\frac{5{,}132 + 1{,}568}{21} = -\frac{3{,}564}{21} = -0{,}170$$
$$\Sigma_2 = -(a + p) - \sigma_1 = -8 + 0{,}170 = -7{,}83$$
$$\Pi_2 = (a p + q + 1) - \Sigma_2\sigma_1 - \pi_1 = 21 - 1{,}33 - 0{,}191 = 19{,}58$$

$$\pi_2 = q/\Pi_2 = 0{,}205$$
$$\sigma_2 = -\frac{(p + b\,q) - \Sigma_2 \pi_2}{\Pi_2} = -\frac{5{,}132 + 1{,}60}{19{,}58} = -0{,}180$$
$$\Sigma_3 = -(a + p) - \sigma_2 = -8 + 0{,}180 = -7{,}82$$
$$\Pi_3 = (a\,p + q + 1) - \Sigma_3 \sigma_2 - \pi_2 = 21 - 1{,}41 - 0{,}205 = 19{,}39$$
$$\pi_3 = q/\Pi_3 = 0{,}206$$
$$\sigma_3 = -\frac{(p + b\,q) - \Sigma_3 \pi_3}{\Pi_3} = -\frac{5{,}132 + 1{,}61}{19{,}58} = -\frac{3{,}52}{19{,}58} = -0{,}181$$

Es ergibt sich also in der letzten Näherung

$$\Lambda = \frac{1}{2}\Sigma = -3{,}91 \qquad \lambda = \frac{1}{2}\sigma = 0{,}091$$
$$N^2 = \Pi - \Lambda^2 = 4{,}09 \qquad \nu^2 = \Pi - \lambda^2 = 0{,}1977$$

Zum Schlusse möchte ich noch bemerken, daß die eben angegebene Methode der sukzessiven Approximation zur Berechnung der Wurzeln auch für die reellen Wurzeln der Stabilitätsgleichung anwendbar bleibt. Man rechnet genau so wie oben, nur erhält man für das Quadrat der Frequenz ν^2 eine negative Größe, ν wird also imaginär, sagen wir gleich $i\,\varkappa$, und die reellen Wurzeln sind

$$\lambda + \varkappa \text{ und } \lambda - \varkappa.$$

Eine weitere Anwendung kann diese Methode ferner dann finden, wenn man von den für die Zeichnung angenommenen Werten $a = 4$, $b = 0{,}283$ abweicht; man wird auch für benachbarte Werte von a und b noch mit einiger Näherung die Wurzelwerte benutzen können, die man aus dem Diagramm entnimmt, aber es wird jedenfalls wünschenswert sein, diese Werte zu kontrollieren. Man verfährt dann in der Weise, daß man die dem Diagramm entnommenen Werte als erste Näherung benutzt und dann nach dem oben gegebenen Schema ein oder zwei weitere Näherungen rechnet, die dann schon bis auf wenige Prozent die richtigen Wurzelwerte liefern.

Das Diagramm und die Berechnung der Wurzeln durch die sukzessive Approximation liefern uns also in jedem Falle die Mittel, um mit ganz geringer Mühe für gegebene Werte des Dämpfungs- und Stabilisierungsmomentes Schwingungszeit und Dämpfungsmaß zu berechnen und somit über die Stabilitätsverhältnisse des betreffenden Flugzeuges rechnungsmäßig Aufschluß zu gewinnen.

§ 12. Praktische Anwendungen. Die praktischen Resultate der Diskussion der Stabilitätsgleichung, die von den Figuren 5 und 6 unmittelbar abzulesen sind, können wir im folgenden zusammenfassen.

Die Störungsbewegungen eines Flugzeuges zerfallen in zwei Gruppen: inschwach gedämpfte und stark gedämpfte Schwingungsbewegungen. Die s c h w a c h g e d ä m p f t e n klingen im allgemeinen periodisch ab, nur ist die Schwingungszeit verhältnismäßig so groß, daß die Schwingungen vor dem Abklingen durch neue Störungen von neuem erregt werden können. Die s t a r k g e d ä m p f t e n S c h w i n g u n g e n fallen bei den meisten Flugzeugen ebenfalls periodisch aus; ihre Schwingungszeit nimmt mit zunehmender s t a t i s c h e r S t a b i l i t ä t, ihre Dämpfung mit zunehmender Größe des D ä m p f u n g s m o m e n t e s zu. Gefährlich für das Flug-

zeug können lediglich nur die schwach gedämfpten Schwingungen werden, die bei geringer Bemessung der Dämpfungsflosse in wachsende übergehen können, so daß das Flugzeug regelrecht labil wird. Diesem Umstande kann nur durch eine sehr erhebliche Vergrößerung des Stabilisierungsmomentes q entgegengearbeite, werden. Die Grenzkurve zwischen abnehmenden und wachsenden Schwingungent d. h. zwischen Stabilität und Labilität ist in Fig. 6 durch die Linie $\lambda = 0$ gegeben. Sie genügt der Gleichung

$$p = \frac{\nu^2 (1 - \nu^2)(a - b)}{(1 - \nu^2)^2 + a b \nu}$$

$$q = \nu^2 \frac{a^2 \nu^2 + (1 - \nu^2)^2}{a b \nu^2 + (1 - \nu^2)^2},$$

wobei ν, die zugehörige Frequenz, als Parameter aufzufassen ist. Der Schnittpunkt mit der q-Achse ($p = 0$) liefert dasjenige Stabilisierungsmoment das theoretisch ohne jede Dämpfungsflosse ausreichen würde, das Flugzeug zu stabilisieren. Man erhält mit $p = 0$ $\nu = 1$ und daraus

$$q = \frac{a}{b}.$$

Als Stabilitätsbedingung bei fehlender Dämpfungsflosse erhalten wir daher

$$q = \frac{H h_r}{\varkappa^2} \geq \frac{\zeta'_A}{\zeta_W}.$$

Es ist interessant, diese Bedingung mit den von Lanchester, Bryan, Ferber einerseits und von Knoller andererseits abgeleiteten Stabilitätsbedingungen zu vergleichen:

a) Die drei erstgenannten Forscher untersuchen zwei ebene Flächen in geschränkter Lage. Die Verschiebung des Angriffspunktes an der Tragfläche wird vernachlässigt, und so ist das rückdrehende Moment gleich

$$\delta M = - \zeta'_d f \frac{\gamma}{g} U^2 \alpha,$$

d. h. unsere metazentrische Höhe

$$h_r = \frac{\zeta'_d}{\zeta_A} \frac{f}{F} l.$$

Es ist noch zu berücksichtigen, daß wegen der gleichen Auftriebskonstanten der beiden ebenen Flächen

$$\frac{\zeta'_A}{\zeta'_d} = \frac{F + f}{F},$$

ferner

$$\frac{\zeta_W}{\zeta_A} = \operatorname{tg} \alpha$$

gesetzt werden kann. Somit wird die Stabilitätsbedingung

$$H \geq \frac{\varkappa^2}{l \operatorname{tg} \alpha} \frac{F + f}{F},$$

was mit den Formeln der genannten Autoren vollständig übereinstimmt.

b) Knoller charakterisiert das rückdrehende Moment nicht durch eine metazentrische Höhe, sondern durch den sogenannten Stabilitätsarm r, der so bestimmt wird, daß die Auftriebszunahme × Stabilitätsarm des rückdrehende Moment ergibt vgl. Fußnote im § 3. Der Stabilitätsarm hängt somit mit unserer metazentrischen Höhe durch die Beziehung

$$r\,\zeta'_A = h_r\,\zeta_A$$

zusammen. Führt man diese Bezeichnung in Gleichung, so erhalten wir

$$H \geqq \frac{x^2}{\varepsilon r}$$

in vollkommener Übereinstimmung mit Knoller.

Die Bedingung der Stabilität ohne Dämpfungsflosse erfordert einen Grad der statischen Stabilität, der bei vielen erfolgreichen Flugmaschinen lange nicht vorhanden ist. Dies kann man durch zwei Umstände begründen.

a) Die Dämpfungswirkung einer gegebenen Flosse ist bei größerer statischer Stabilität im allgemeinen weniger gut ausgenutzt als bei geringer statischer Stabilität. Legen wir in der Tat eine Linie p = const durch unsere Fig. 6, so sehen wir, daß die Vergrößerung des Stabilisierungsmoments q zunächst die Dämpfung vermindert, und nur bei sehr starker Vergrößerung des Stabilisierungsmoments wird unter Umständen derselbe Grad der Dämpfung wieder zurückgewonnen, den man bereits bei geringer statischer Stabilität besessen hat. Bei sehr geringer Dämpfungsflosse wird sogar die Stabilität — wie es zuerst Knoller nachgewiesen hatte — verloren durch Vergrößerung des Stabilisierungsmoments und erst durch weitere Vergrößerung wieder zurückgewonnen.

b) Die stark gedämpften Schwingungen werden erheblich rascher mit wachsender statischer Stabilität, ohne daß die Dämpfung derselben zunehmen würde. Die übermäßige Vergrößerung des Stabilisierungsmoments würde also ein Stampfen hervorrufen, das erst wieder durch die Vergrößerung der Dämpfungsflosse abgedämpft werden muß. Man wird die statisch nicht sehr stark stabilen Flugzeuge offenbar aus demselben Grunde bevorzugen, wie man bei großen Schiffen die geringe Entfernung der metazentrischen Höhe vom Schwerpunkte bevorzugt.

All dies führt also dahin, daß man die Stabilisierung durch entsprechende Dämpfungsmomente erreichen soll. Es kommt noch dazu, daß beim Höhenflug die Stabilitätsgrenze in dem Sinne verschoben wird, daß bei gewisser Neigung der Flugbahn nicht einmal ein beliebig großes Stabilisierungsmoment die Stabilität mehr zu sichern vermag. Fig. 7 zeigt die Stabilitätsgrenze (die Kurve der ungedämpften Schwingungen), wie sie durch Veränderung des Neigungswinkels der Flugbahn verschoben wird. Man kann unschwer zeigen, daß die Steigung der Flugbahn wesentlich die Größe b beeinflußt. Die Linien b = 0,109, — 0,059, — 0,217 entsprechen Flugbahnen von 10, 20, 30 Grad Steigung, jene für b = 0,457, 0,625, 0,783 mit denselben Neigungswinkeln absteigenden Flugbahnen. Man sieht, daß bei 10° Steigung nur die Dämpfungsflosse allein stabilisiert. Der Nutzen des statischen Stabilisierungsmomentes ist vollkommen verloren gegangen.

Es ist nun nicht leicht zu sagen, welche Größe des Dämpfungsmomentes als ausreichend erachtet werden soll. Nehmen wir als Dämpfungswert $\lambda = 0,1$, so

bedeutet dies soviel, daß die langsamen Schwingungen nach dem Gesetz

$$e^{-0,1 \frac{g t}{U} \sqrt{2}}$$

abklingen. Wird die Fahrgeschwindigkeit U = 25 m angenommen, so würde die Halbwertzeit 12,5 Sekunden betragen, d. h. die Amplitude der Anfangsstörung wird in 12,5 Sekunden auf die Hälfte vermindert. Man sieht aus Fig. 6, daß der Dämpfungswert $\lambda = 0,1$ nur bei ganz geringen statischen Stabilitäten erheblich überschritten werden kann. Man wird also der Sicherheit der statischen Stabilität und der Forderung möglichst großer Dämpfung ungefähr entsprechen, wenn man in der Nähe der Linie $\lambda = 0,1$ bleibt. Für statisch leicht stabile Typen kann man also als zweckmäßige Abmessungen $p = 4 \sim 8$ und $q = 4 \sim 8$ vorschlagen mit dem Zusatz, daß bei größeren Stabilisierungsmomenent auch größere Dämpfungsmomente zu empfehlen sind.

Nehmen wir bestimmte Werte von p und q, z. B. p = 5, q = 4, so liefern die Formeln

$$p = \frac{\zeta_d'}{\zeta_A} \frac{f l^2}{F \varkappa^2} \frac{1}{\sqrt{2}} \qquad q = \frac{h_r H}{\varkappa^2}$$

Grundlagen zur Dimensionierung des Flugzeuges auf Stabilität, d. h. zur Bestimmung der Dämpfungsfläche f und der metazentrischen Höhe h_r.

Nehmen wir für ein Flugzeug an:

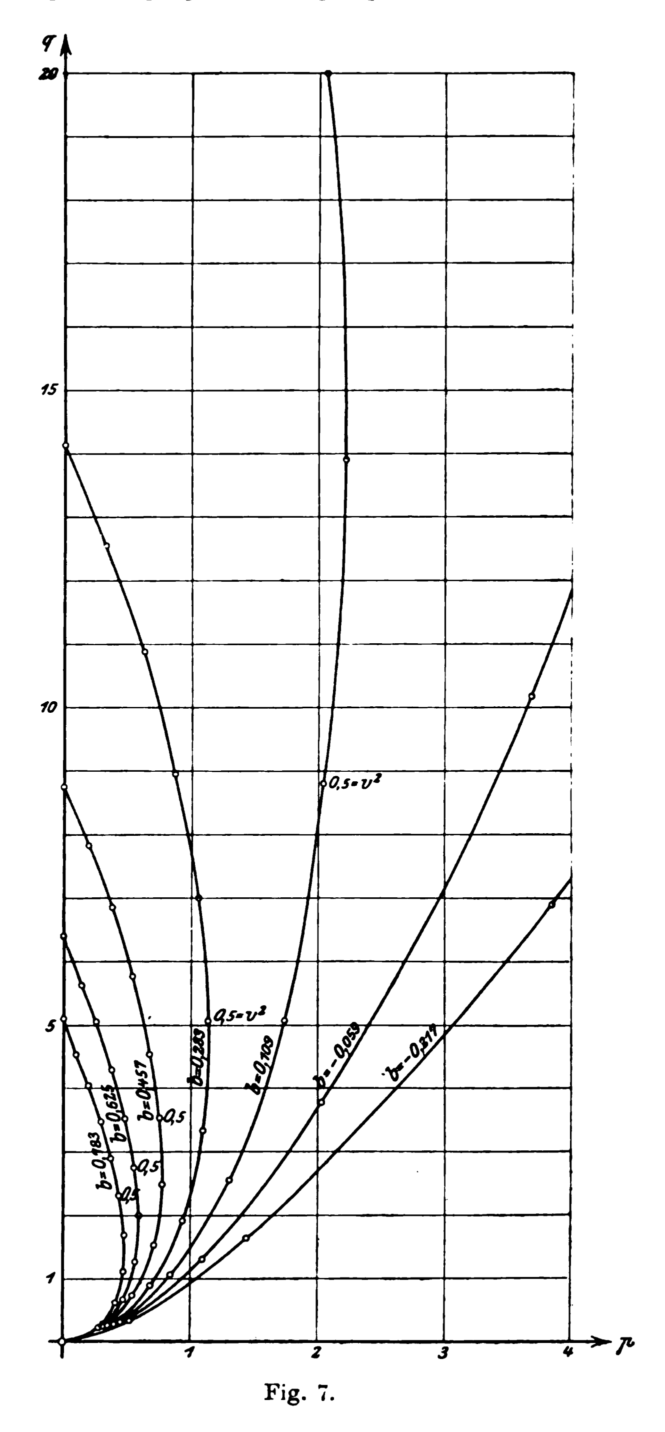


Fig. 7.

Ausmaß der Tragfläche	$F = 30\ m^2$	Geschwindigkeit	$U = 25$ m/sec
Abstand der Dämpfungsfläche vom Schwerpunkt	$l = 5,5\ m^2$	Trägheitshalbmesser	$\varkappa = 1,8$ m

ferner aus experimentellen Daten $\frac{\zeta'_d}{\zeta_A} = 3{,}5$, so ergibt sich

die Dämpfungsfläche zu . . . . $f = 0{,}22\,F = 6{,}6\,m^2$
die metazentrische Höhe zu . . $h_r = 0{,}4$ m.

Es ist nun interessant, wie bei tatsächlich ausgeführten Flugzeugen die Verhältnisse sich gestalten. Leider steht uns kein großes Material zur Verfügung.

Ein Beispiel unausreichender Dämpfungsflosse bietet der zusammenlegbare Artillerie-Eindecker von Blériot.

Bei dieser Konstruktion ist die Dämpfungsflosse, da die Zusammenlegbarkeit des Flugzeuges gefordert wurde, zu 2,0 m^2 gewählt. Dementsprechend würde das Dämpfungsmoment nur $p = 2{,}5$ betragen. Für das Stabilisierungsmoment ermittelt man $q = 5{,}6$. Wir sehen daher, daß das Flugzeug ganz nahe zu der Stabilitätsgrenze steht. Ein Dorner- und Balsan-Eindecker, für die wir sämtliche Daten angenähert zur Verfügung haben, kommen mit $p = 3{,}5$ und $q = 1{,}7$ für den ersteren und $p = 6{,}5$, $q = 5{,}5$ für den letzteren in Figur 6, in die Nähe der Linie $\lambda = 0{,}1$. Der Harlan-Eindecker, für den Herr Betz die Konstanten berechnet hat, besitzt den bisher angeführten Typen gegenüber außerordentlich große statische Stabilität. Die Schwingungszeit der raschen Schwingungen würde für dieses Flugzeug sich zu 2,8 sec ergeben, gegenüber 6,2 sec beim Balsan-Eindecker, die Dämpfung erscheint dagegen nicht erheblich vergrößert. Wir glauben uns nicht zu irren, daß man bei den Konstrukteuren eine gewisse Unsicherheit bemerkt, weil sie zumeist gar nicht in der Lage sind, sich von vornherein von den Stabilitätseigenschaften des Flugzeuges rechnungsmäßig ein Bild zu verschaffen. Ob man nun auf dem hier angegebenen Wege gewissermaßen ein praktisches Rechnungsverfahren zu entwickeln vermag, muß natürlich zunächst dahingestellt bleiben. Wahrscheinlich kann dies erst dann geleistet werden, wenn die Steuerfähigkeit des Flugzeuges genau in derselben Weise untersucht wird, wie die Störungsbewegungen analysiert worden sind[1]). Als Muster hierzu könnte die eingehende Behandlung der Seitenstabilität und Seitensteuerung durch Reißner und seinen Schüler Gehlen dienen.

Diskussion[2]).

Prof. Dr. **Prandtl**-Göttingen:

Durch die von den Herren v. Kármán und Trefftz vorgetragene Darstellung der Stabilitätstheorie gewinnen die Resultate dieser Theorie eine große Übersichtlichkeit. Mir scheint nun eine Weiterführung der hier behandelten Dinge nach zwei Richtungen erwünscht.

1. Eine praktisch recht wichtige Frage ist es: welche Stabilitätsverhältnisse sollen angestrebt werden, große oder kleine statische Stabilität, mäßige oder starke

[1]) Zusatz bei der Drucklegung, auf Anregung von Herrn Prof. Reißner.

[2]) Da wegen Zeitmangels die Diskussion nach dem Vortrage ausfallen mußte, sind nachfolgende Äußerungen schriftlich eingeholt. Die Schriftl.

Dämpfung? Die Antwort würde einerseits dadurch gewonnen werden können, daß man ausgeführte Flugzeuge auf ihre Stabilitätseigenschaften hin untersucht und außerdem Urteile der Flieger über die geringere oder größere Bequemlichkeit beim Steuern der Maschine in ruhiger und bewegter Luft sammelt. Man könnte auch theoretische Aufschlüsse über diese Fragen dadurch erhalten, daß man die bei plötzlichen Störungen des Gleichgewichts durch Vertikalböen und Horizontalböen, wie durch Schwankungen der Motorleitung auftretenden Schwingungsausschläge diskutiert, wobei besonders auf die Beträge von länger dauernden Vertikalbeschleunigungen (Seekrankheit!) zu achten wäre.

2. Eine theoretische Verfeinerung, die m. E. für eine gute Übereinstimmung der theoretischen Ergebnisse mit der Wirklichkeit unbedingt erforderlich sein würde, wäre die Berücksichtigung der durch den Schraubenwind veränderten Verhältnisse an der Tragfläche und Dämpfungsfläche und ferner der durch die Wirkung der Tragfläche veränderten Strömungsrichtung an der Dämpfungsfläche. Die beiden Einflüsse unterliegen bei den Schwingungen des Flugzeugs Schwankungen, die wohl — besonders in dem Falle schwacher statischer Stabilität — recht bemerkenswerte Veränderungen des Gesamtverhaltens des Flugzeugs hervorbringen können. Ansätze für die beiden genannten Einflüsse zu gewinnen, dürfte — unter Zuhilfenahme der Wirbeltheorie des Aeroplans für den letzteren — nicht allzu schwierig sein.

Prof. Dr.-Ing. **Reißner**-Charlottenburg:

Zu den außerordentlich beachtenswerten Ausführungen der Herren v. Kármán und Trefftz möchte ich auf Grund einer langjährigen praktischen und theoretischen Beschäftigung mit dem Gegenstande manches ergänzend bemerken.

Die Rechnungen beziehen sich zweckmäßigerweise nur auf Flugzeuge, bei denen die Trag- und Stabilisierungsflächen und der Schwerpunkt nahezu in einer Ebene liegen. Die später vorausgesetzte Eigenschaft (§ 6 und 12) des unzweckmäßigen, „stark stabilen, wenig gedämpften" Flugzeugs und der Stabilitätsbedingungen von Bryan, Knoller, Ferber und Lanchester läßt sich aber nur durch sehr tiefe, konstruktiv unmögliche Schwerpunktslage erreichen. Das dort ausgesprochene Ergebnis, daß eine starke „statische" Stabilität ungünstig wirkt, kann allerdings auch bei Berücksichtigung der Schwerpunkttiefe aufrecht erhalten werden. Dagegen möchte ich dem Vergleich mit Schiffschwingungen von großer metazentrischer Höhe nicht zustimmen. Es sind sicher nicht die Erschütterungen, wie bei Schiffen, die gegen eine starke statische Stabilität sprechen, sondern der Umstand, daß das schnelle Erlöschen durch ein starkes stabilisierendes Moment nicht befördert wird.

Ein zu steifes Verhalten von Flugapparaten infolge zu großer Stabilität gegenüber Störungen in der Längsebene ist auch in der Flugpraxis niemals beobachtet worden. Eine anschauliche Deutung des Grundes, warum eine starke „statische" Stabilisierung keinen Erfolg haben kann, habe ich schon 1912[1]) gegeben, nämlich die, daß eine wiederherstellende Kraft bei unseren heutigen Flugmaschinen nur

[1]) Jahrb. d. Luftfahrt 1912, Wissensch. Fortschritte d. Flugtechnik S. 349.

auf den Relativwinkel zwischen Luftstrom und Flügel, aber nicht auf die Wiederherstellung der gestörten Winkellage im Raume und der Fluggeschwindigkeit wirkt, während doch die Schwingungen diese drei Größen gleichzeitig ändern. Das Stabilisierungsmoment, wie es durch den Schränkungswinkel der Tragflächen erzeugt wird, ist eben statisch unvollständig.

Die graphische Stabilitätsdarstellung der Herren v. Kármán und Trefftz enthält auch den Einfluß der Flugrichtung nach oben oder unten.

Die in § 4 des Vortrages aufgestellte Frequenzdeterminante bzw. die aus ihr folgende Gleichung vierten Grades enthält diese Richtung nicht, ist also wohl versehentlich unvollständig angegeben. Nach meinen Ermittlungen müßte es hierfür in Determinante (2) in dem Glied der ersten Reihe und Zeile statt ε heißen $\varepsilon + \sin \vartheta$ und zweite Reihe erste Zeile statt 2 heißen $2 \cos \vartheta$.

Es wäre wichtig, zu wissen, in welchem Verhältnis die Ergebnisse des Vortrages zu den Behauptungen von Bryan[2]), Runge[3]) und Knoller[1]) über die Destabilisierung des Aufwärtsfluges und die Stabilisierung des Abwärtsfluges stehen.

Meine Berechnungen dieser Fälle stimmen mit denen der drei genannten, die sich auch untereinander schwer vergleichen lassen, nicht überein.

Aber jedenfalls stimmen alle diese Behauptungen schon deshalb nicht mit dem wirklichen Verhalten der Flugapparate, weil der Einfluß der Druckpunktwanderung auf die statische Stabilität die anderen Einflüsse erheblich überwiegt.

Man fliegt nämlich aufwärts mit größerem und abwärts mit kleinerem Anstellwinkel. Die bekannte destabilisierende Rückläufigkeit der Druckresultierenden nimmt aber bei allen gewölbten Flächen mit abnehmendem Angriffswinkel des Luftstroms zu. Dadurch wird rechnungsmäßig der Aufwärtsflug stabilisiert, der Abwärtsflug sehr stark destabilisiert.

Diese Rechnung stimmt durchaus mit der Erfahrung. In Wirklichkeit leidet der Aufwärtsflug nämlich niemals durch Schwierigkeiten der Höhensteuerung, sondern höchstens durch seitliche Schwankungen, andrerseits erfordert ein steiler Gleitflug erfahrungsmäßig sehr viel Aufmerksamkeit, um nicht in Sturzflug auszuarten, ist also instabiler. Jeder Flieger wird dieses Beobachtung bestätigen. Diese Instabilität bei kleinen Anstellwinkeln wird vielleicht ferner durch den Umstand verstärkt, daß bei einer Druckpunktwanderung auch die Hebelarme der Dämpfungskräfte stark veränderlich sind, und zwar bei vorderlastigen Flugzeugen im ungünstigen Sinne. Bei den bisherigen Ansätzen ist dieser Umstand nicht beachtet worden.

Bekanntlich ist auch ein zu flacher Gleitflug zu vermeiden, wenn nicht genug Höhe für Steuermanöver vorhanden ist. Jedoch ist diese Gefahr aus den Stabilitätskriterien nur herauszulesen, wenn man den Buckel der Auftriebskurve des Flächenprofils, durch den der gefürchtete Geschwindigkeitsverlust und das Durchsacken eintritt, berücksichtigt.

---

[1]) Stability in Aviation 1911, London.
[2]) Zeitschr. f. Flugt. u. Motorl. 1911.
[3]) Zeitschr. d. öst. Arch. u. Ing.-Ver. 1913, Nr. 36 u. 37.

Man sieht, daß es für technisch brauchbare Ergebnisse, und diese streben doch die Herren v. Kármán und Trefftz nach ihren Schlußworten zu schließen an, außerordentlich auf die wirklichen Eigenschaften der Luftdruckresultierenden an ausgeführten gewölbten Flächen ankommt. Deswegen würde es wohl uns allen sehr wichtig erscheinen, zu erfahren, mit welchen Flügeleigenschaften die Flugzeuge von Blériot, Dorner, Balsan und Harlan von den Herren nachgerechnet worden sind. Von allen diesen Flügelformen ist meines Wissens nur die Blériotform und der Balsaneindecker untersucht worden, und zwar von Eiffel, und der Blériotflügel auch im Laboratorium von Teddington mit recht schlechter Übereinstimmung. Übrigens rührt die Instabilität des Blériotflugzeugs nicht, wie im Vortrag behauptet, von der Kleinheit, sondern sicher von der Belastung der Dämpfungsfläche her.

Wenn man bedenkt, daß eine geringe Änderung in der Geschwindigkeit der Druckpunktwanderung einen sehr großen Einfluß auf die sogenannte statische Stabilität hat, muß man fordern, daß die Herren bei der Mitteilung solcher Rechnungsergebnisse die Quellen ihrer Voraussetzung scharf angeben und die Stabilitätseigenschaften nicht nur bei einem mehr oder weniger richtigen günstigsten Anstellwinkel, sondern bei den verschiedenen bei jedem Fluge je nach Motorkraft, Belastung, Steigwinkel und Steuerstellung wechselnden Anstellwinkeln ausrechnen.

Nun schließlich noch eine literarische Bemerkung. Die Herren geben zu, mit ihren Ergebnissen auf den Schultern ihrer Vorgänger zu stehen und glauben, sich durch dieses Zugeständnis eine genauere Angabe ihrer Quellen ersparen zu können. Darüber ließe sich sprechen, wenn sie nun entweder niemand zitierten oder doch wenigstens nur diejenigen Forscher, mit deren Ergebnissen die ihrigen die meisten Beziehungen haben. Mir scheint nun ihre Art der Quellenangabe Ungerechtigkeiten gegen Bryan, Quittner, Bothézat und mich selbst zu enthalten.

Bryans[1]) großes Verdienst, die Aufgabe der Flugmaschinenstabilität zuerst (1904) mathematisch vollständig angesetzt zu haben, dürfte, wenn man überhaupt Namen nennt, nicht verschwiegen werden.

Die hervorstechende, auch im gehörten Vortrage angegebene Eigenschaft der Längsschwingungen, immer in sehr stark und sehr schwach gedämpfte Schwingungen zu zerfallen, habe ich[2]) zuerst (1908), und zwar auch zahlenmäßig, angegeben, und zwar auf Grund einer großen Reihe durchgerechneter Fälle von Flugzeugen mit verschiedenen Schwanzlängen, Schränkungswinkeln, Trägheitsmomenten und Luftwiderständen. Ich konnte damals (1906—1907) allerdings die heute bekannte Druckpunktrückläufigkeit nicht einführen. Jedoch hätte dies an dem allgemeinen Ergebnis nichts geändert. Ph. Furtwängler hat gleich darauf mit algebraischen Methoden, die sehr ähnlich denen des obigen Vortrages sind, in einem leider damals nicht veröffentlichten Manuskript sehr vereinfachte Rechnungsverfahren angegeben und den Einfluß von Anfangsstörungen untersucht.

---

[1]) Proc. Royal Society, London 1904.

[2]) Jahresber. d. Deutsch. Mathem. Ver. 1908, Wissensch. Probl. d. Flugtechn., Vortrag auf der Vers. deutsch. Naturf. u. Ärzte.

Die allgemeinen Gründe für diese wichtige Eigenschaft der Wurzelgrößen sind bisher eigentlich noch nicht angegeben worden.

Immerhin enthalten die Schriften von V. Quittner[1]) 1910 und 1911 und von Bothézat[2]) 1911 dafür die auch im Vortrage gegebenen Anhaltspunkte, deren weitere Herausarbeitung sehr nützlich wäre.

1910[3]) habe ich ferner zuerst auf Grund der bekannt gewordenen Druckpunktwanderungen gewölbter Flächen die Instabilität der damaligen Flugmaschinen mit belasteter Dämpfungs-(Schwanz-)Fläche nachgewiesen, die Schwierigkeit, durch tiefe Schwerpunktslage die statische Stabilitätsbedingung zu erfüllen, rechnerisch untersucht und eine äußerst einfache, den Schränkungswinkel der Flügel- und Schwanzflächen, die Druckpunktwanderung und die Schwerpunktstiefe enthaltende Formel angegeben. Die ausschlaggebende Bedeutung dieser Druckpunktwanderung wird noch heute z. B. in Lanchesterschen und den Bryanschen Schriften nicht erkannt.

Was schließlich das Versprechen der Vortragenden anbelangt, die Steuerfähigkeit in derselben Weise zu untersuchen wie die Störungsbewegungen, so empfinde ich das Verschweigen meiner und K. Gehlens Arbeiten als Ungerechtigkeit. Denn die Herren müssen aus meinen Vorträgen und Veröffentlichungen, zum Teil in den Verhandlungen unserer Gesellschaft, wissen, daß ich zuerst[4]) und bisher allein bzw. unter der vortrefflichen Mitarbeit von K. Gehlen[5]) für den ganz analog liegenden Fall der seitlichen Stabilität diese Amplitudenverteilungen nachgerechnet und als sehr wichtig für die Stabilitäts- und Steuereigenschaften nachgewiesen habe, dergestalt, daß es sich zeigte, daß man aus den Schwingungswurzeln allein falsche Schlüsse ziehen würde. In Gehlens Dissertation ist im Einzelnen durchgerechnet, wie die Steuereigenschaften eines Flugzeugs, insbesondere aus den schnellen, stark gedämpften Schwingungsanteilen, die sonst für die Stabilität als unwichtig betrachtet werden, entspringen.

Ich hoffe, man wird es verstehen, daß ich mich gegen eine Verschweigung meines Namens bei diesen in jahrelanger Flugpraxis und mühevoller Durchrechnung gewonnenen Ergebnissen wenden mußte, obgleich ich die elegante Art der Zusammenfassung eines wichtigen Kapitels der Längsstabilität der Flugmaschinen seitens der Herren v. Kármán und Trefftz hier nochmals anerkennen möchte.

Dr. Dipl.-Ing. **Quittner**-Berlin:

Wie Herr v. Kármán in der Einleitung zu seinem Vortrage bemerkt, liegt die wesentliche Neuerung der von ihm und seinem Mitarbeiter, Herrn Trefftz, angewandten Methode darin, daß durch Trennung der Größen, die vornehmlich durch die Stabilität und Steuerfähigkeit bestimmt werden, von den durch andere

[1]) La Technique moderne, Oct.-Nov. 1910, Fevr. 1911.

[2]) Stabilité de l'aéroplane, Paris 1911.

[3]) Über die Lage der Luftdruckresultierenden bei gewölbten Flächen, Flugsport, März 1910.

[4]) Zeitschr. f. Flugt. u. Motorl. 1910, H. 9 u. 10, Über die Seitensteuerung der Flugmaschinen. Versammlung von Vertretern der Flugwissenschaft, Einige Bemerkungen zur Seitenstabilität der Drachenflieger, 1911, R. Oldenbourg, S. 26—30.

[5]) Dissertation, Aachen 1913.

Gesichtspunkte festgelegten Größen das so verwickelte Problem der dynamischen Längsstabilität in klarerer und durchsichtigerer Weise dargestellt wird, als es in den sonstigen Arbeiten über diesen Gegenstand geschehen war. Jeder, der sich mit diesen Stabilitätsuntersuchungen eingehender beschäftigt hat, weiß, wie wichtig gerade hier die Form der Darstellung ist und wieviel mehr Schwierigkeiten sie mit sich bringt als die eigentliche rein mathematische Lösung der Aufgabe.

Was nun aber die von den Herren Vortragenden angewandte Darstellungsweise betrifft, so muß ich die Priorität hierfür für mich in Anspruch nehmen, da ich genau dasselbe Verfahren bereits in einer vor vier Jahren erschienenen Arbeit angewandt habe. Da ich damals in Paris tätig war und die „Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure" die Arbeit „wegen Raummangel" nicht annehmen wollte, so hatte ich sie in der bekannten französischen Zeitschrift „La Technique moderne"[1]) erscheinen lassen, wo sie aber merkwürdigerweise ganz unbekannt geblieben zu sein scheint, da ich in späteren Arbeiten über denselben Gegenstand nie irgendeinen Hinweis auf sie gefunden habe.

Ich könnte mich mit diesem Hinweise begnügen und es den Herren, die sich dafür interessieren, überlassen, die Arbeit im Original zu lesen — wenn das möglich wäre. Es ist aber tatsächlich so gut wie unmöglich, denn schon seit langer Zeit sind die betreffenden Hefte der „Techn. mod." vollständig vergriffen, und besonders in Deutschland dürften sie nur sehr schwer oder gar nicht aufzutreiben sein. Aus diesem Grunde gestatte ich mir, mit freundlicher Erlaubnis der W.G.L., nachstehend eine stellenweise verkürzte, sonst aber durchaus getreue Übersetzung des erwähnten Artikels zu bringen, aus der sich der Leser leicht ein Bild über die Übereinstimmungen und die Unterschiede gegenüber dem Vortrage machen kann.

Die Originalarbeit sollte ursprünglich das ganze Gebiet der Flugzeugstabilität umfassen, die statische Stabilität ebenso wie die dynamische, die Längs- wie die Querstabilität. Es sind indes nur die beiden ersten Abschnitte, die die allgemeinen Grundlagen und die statische Längs- und Querstabilität behandeln, vollständig erschienen, während von dem dritten Abschnitte, der die dynamische Längs- und Querstabilität umfassen sollte, nur die allgemeinen Bemerkungen und die Untersuchung der Längsstabilität zur Veröffentlichung gelangt sind. Den letzten Abschnitt über die dynamische Querstabilität, für den Ende 1910 die Berechnungen bereits größtenteils fertig waren, habe ich bisher nicht herausgegeben, da ich damals Paris verließ und weiterhin nicht mehr die zur Fertigstellung der Arbeit notwendige Zeit finden konnte.

Die nachstehende Übersetzung umfaßt nur den die dynamische Stabilität behandelnden Teil der Originalarbeit. Sie ist, wie erwähnt, im allgemeinen wortgetreu, größere Änderungen, die aus irgendwelchen Gründen notwendig waren, sind durch Anmerkungen besonders hervorgehoben. Die Abb. 1 ist eine ungefähre, die Abb. 2 eine genau maßstäbliche Nachbildung der entsprechenden Figuren aus der Originalarbeit. Von den Bezeichnungen wurden einige, die speziell dem französischen Gebrauch angepaßt waren, geändert, die große Mehrzahl dagegen unver-

[1]) Recherches sur la stabilité des aéroplanes, Techn. mod., octobre et décembre 1910 et février 1911.

ändert beibehalten. Die mit Ziffern bezeichneten Anmerkungen entstammen der Arbeit selbst, die mit Sternchen bezeichneten habe ich der Übersetzung beigegeben. Am Schlusse folgt noch eine Zusammenstellung der von den Herren Vortragenden und von mir benutzten Bezeichnungen, mit Hilfe derer ein Vergleich der Formeln leicht möglich ist. In diese Tabelle wurden außerdem auch noch die von Prof. Knoller in seiner sehr interessanten Arbeit über den gleichen Gegenstand*) angewandten Bezeichnungen aufgenommen, um auch einen leichten Vergleich mit dieser Arbeit zu gestatten.

Untersuchungen über die Stabilität der Flugzeuge.

Von Dipl.-Ing. Dr. Victor Quittner.

(Übersetzung eines Teiles der in „La Technique moderne" Okt., Dez. 1910 und Febr. 1911 erschienenen Arbeit.)

III. Dynamische Stabilität.

1. Allgemeines.

Ein im Fluge befindliches Flugzeug ist ein vollkommen frei beweglicher Körper, der sich unter dem Einfluß der drei auf ihn wirkenden Kräfte: Luftwiderstand, Schwerkraft und Propellerschub, in jeder Weise im Raum verschieben kann. Um seine Bewegung zu untersuchen, muß man daher die sechs Bewegungsgleichungen eines freien Körpers anwenden, von denen bekanntlich drei die Bewegung des Schwerpunkts, die drei andern die Drehungen um den Schwerpunkt betreffen. Alle sechs Gleichungen sind Differentialgleichungen zweiter Ordnung, wenn die Zeit als unabhängige, die Koordinaten, die in jedem Augenblicke die Lage des Körpers bestimmen, als von der Zeit abhängige Veränderliche angenommen werden. Man erhält dann ein System zwölfter Ordnung von Differentialgleichungen, die in dem Falle, daß der Körper sich nur wenig aus seiner Gleichgewichtslage entfernt (nur dieser Fall soll hier untersucht werden), sämtlich lineare und homogene Gleichungen mit konstanten Koeffizienten sind.

Da für die Untersuchung der Stabilität eines Flugzeugs die Koordinaten seines Schwerpunktes gleichgültig sind und nur deren Ableitungen nach der Zeit (die Geschwindigkeitskomponenten des Schwerpunkts) in die Gleichungen eingehen, so reduzieren sich die ersten drei Gleichungen auf die erste und damit das ganze System auf die neunte Ordnung. Berücksichtigt man weiter, daß auch die Richtung der Geschwindigkeit innerhalb der horizontalen Ebene (das Azimut der Geschwindigkeit oder die Kursrichtung des Flugzeugs) ohne Einfluß auf die Stabilität ist, und daß man nur zwei ihrer Komponenten, die absolute Größe und die Neigung gegen den Horizont, in Rechnung ziehen muß, so vermindert sich die Ordnung des Problems um einen weiteren Grad, und man erhält schließlich ein System achter Ordnung von linearen homogenen Differentialgleichungen mit konstanten Koeffizienten[1]).

*) Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver., 1913, Nr. 36/37.

[1]) Ferber, L'aviation, Paris 1909, S. 177; Deimler, Zeitschr. f. Flugt. u. Motorl.

In dem praktisch allein vorkommenden Falle eines zur gewöhnlichen Flugrichtung symmetrisch gebauten Flugzeugs zerfällt dieses Gleichungssystem in zwei Systeme von der vierten Ordnung; das eine System umfaßt alle Vorgänge innerhalb der Symmetrieebene (Längsstabilität), das andere alle Vorgänge senkrecht zur Symmetrieebene (Quer- und Kursstabilität)[1]). Diese Trennung ist jedoch nur dann statthaft, wenn — wie angenommen wurde — die Amplitude der Schwingungen klein ist, so daß man die die beiden Bewegungen kuppelnden Kreiselwirkungen vernachlässigen kann.

Durch diese Trennung wird die Aufgabe wesentlich vereinfacht, da man an Stelle eines nur mit großen Schwierigkeiten lösbaren Systems achter Ordnung zwei Systeme vierter Ordnung erhält, die sich ohne große Schwierigkeiten auflösen lassen; ebenso werden durch die vollständige Trennung der Längs- und Querstabilität voneinander die Ergebnisse der Untersuchungen bedeutend leichter verständlich.

Nach diesen allgemeinen Darlegungen wenden wir uns nun der Untersuchung der Längsstabilität zu.

2. Längsstabilität.

Auf ein im Fluge befindliches Flugzeug wirken folgende drei Kräfte: 1. die Resultierende R der sämtlichen Luftwiderstände, die man in eine zur Flugrichtung senkrechte Komponente, den Auftrieb P, und eine zu ihr parallele Komponente, den Stirnwiderstand Q, zerlegen kann; 2. das Gesamtgewicht G des Flugzeugs, das im Schwerpunkt C vertikal nach unten zieht, und 3. den Propellerschub S, von dem wir zunächst (aus Gründen, die im Abschnitt über die statische Stabilität erörtert wurden) annehmen, daß er ebenfalls durch den Schwerpunkt geht.

Wenn diese drei Kräfte miteinander im Gleichgewicht sind, so bewegt sich das Flugzeug geradlinig mit konstanter Geschwindigkeit und ohne Drehung um den Schwerpunkt. Diese Gleichgewichtslage ist in Fig. 1 voll ausgezogen, die einen Kräfteplan in der Symmetrieebene des Flugzeugs darstellt. Um die Rechnung auf eine möglichst breite Grundlage zu stellen, nehmen wir an, daß die Flugbahn (oder die Geschwindigkeit v) unter einem Winkel φ ansteigt, und daß die Schraubenachse mit v den Winkel ψ (also mit dem Horizont den Winkel $\varphi + \psi$) einschließt.

Diese Gleichgewichtslage sei nun durch eine äußere Einwirkung gestört worden. In einem beliebigen Augenblick soll das Flugzeug die in Fig. 1 gestrichelt gezeichnete Lage einnehmen. In dieser Lage sei die Neigung seiner Achse gegen den Horizont $(\varphi + \psi)$ um den Winkel ξ, die Neigung seiner Achse gegen die augenblickliche Flugrichtung (und damit alle Anstellwinkel) um η vergrößert. Die Neigung der Flugbahn gegen den Horizont ist daher jetzt $\varphi + \xi - \eta$ an Stelle von φ. Die augen-

1910, S. 50. — Ferber, der übrigens nur einen Spezialfall des allgemeinen Problems behandelt, erhält ein System 9. Ordnung, da er die letzte Vereinfachung nicht anwendet.

[1]) Ferber, a. a. O., S. 202; Deimler, a. a. O., S. 51. — Ferber zeigt die Trennung für den Fall eines aus drei aufeinander senkrechten Ebenen bestehenden Flugzeugs unter Vernachlässigung der durch die Drehungen um den Schwerpunkt hervorgerufenen Dämpfungsmomente. Weniger eingeschränkt ist die Darstellung von Deimler.

blickliche Geschwindigkeit v_1 sei bestimmt durch die Beziehung $v_1 = v(1 + \zeta)$, so daß ζ den verhältnismäßigen Geschwindigkeitszuwachs darstellt $\left(\text{da } \zeta = \frac{v_1 - v}{v}\right)$.

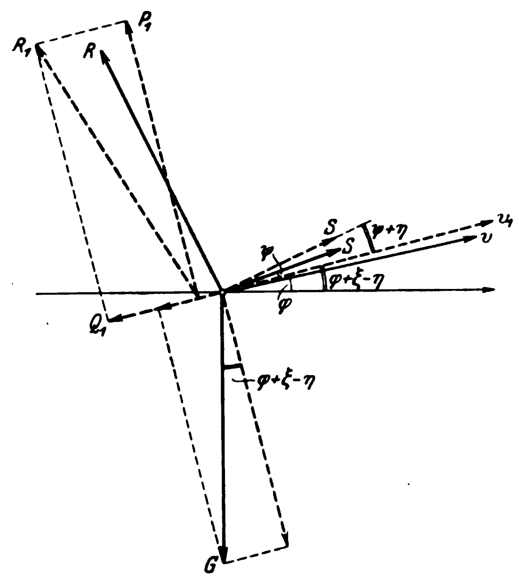


Fig. 1. Kräfteplan bei einer Störung des Gleichgewichts.

Durch die drei dimensionslosen Veränderlichen ξ, η, ζ und ihre ersten Ableitungen nach der Zeit t ist der augenblickliche Zustand des Flugzeugs vollständig bestimmt.

Bei der Gleichgewichtsstörung bleiben die Kräfte G und S unverändert*); dagegen hat sich infolge der Änderung des Anstellwinkels der Luftwiderstand R geändert, und zwar im allgemeinen sowohl seine beiden Komponenten P und Q als auch sein Moment M in bezug auf den Schwerpunkt (das in der Gleichgewichtslage null ist). Man erkennt leicht, daß diese Änderungen von ξ unabhängig sind und nur von η (Anstellwinkel), ζ (Geschwindigkeit) und $\omega = \frac{\partial \xi}{\partial t}$ (Rotation um den Schwerpunkt; beeinflußt die Kräfte auf entferntere Apparatteile, besonders auf die Schwanzflächen) abhängen. Wir bezeichnen die veränderten Werte von P, Q, M mit P_1, Q_1, M_1; dann können wir, da ξ, η, ζ kleine Größen sind, für dieselben schreiben:

$$\left.\begin{aligned} P_1 &= P + \frac{\partial P}{\partial \eta}\eta + \frac{\partial P}{\partial \zeta}\zeta + \frac{\partial P}{\partial \omega}\omega \\ Q_1 &= Q + \frac{\partial Q}{\partial \eta}\eta + \frac{\partial Q}{\partial \zeta}\zeta + \frac{\partial Q}{\partial \omega}\omega \\ M_1 &= M + \frac{\partial M}{\partial \eta}\eta + \frac{\partial M}{\partial \zeta}\zeta + \frac{\partial M}{\partial \omega}\omega \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Dem Moment M_1 geben wir das positive Vorzeichen, wenn es ξ zu verkleinern, d. h. das Flugzeug in seine Ruhelage zurückzubringen sucht.

Unter der allgemein angenommenen Voraussetzung, daß der Luftwiderstand dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional ist, hat man:

$$\frac{\partial P}{\partial \zeta} = 2\,P; \quad \frac{\partial Q}{\partial \zeta} = 2\,Q; \quad \frac{\partial M}{\partial \zeta} = 2\,M = 0 \quad (2)$$

*) Bezüglich des Propellerschubs S ist diese Annahme nicht streng richtig, da die Änderung der Geschwindigkeit auch eine Änderung des Schubs zur Folge hat; dieser Einfluß, auf den Prof. Knoller in der oben erwähnten Arbeit hingewiesen hat, wurde indes auch in dem Vortrage von v. Kármán und Trefftz nicht berücksichtigt.

Von den sechs anderen Koeffizienten kann $\frac{\partial Q}{\partial \omega}$ vernachlässigt werden, da größere Flächen in bedeutendem Vertikalabstand vom Schwerpunkt nie vorhanden sind. Für die fünf anderen Ableitungen führen wir folgende Bezeichnungen ein:

$$\left.\begin{array}{lll} p = \frac{1}{G}\cdot\frac{\partial P}{\partial \eta}; & q = \frac{1}{G}\cdot\frac{\partial Q}{\partial \eta}; & m = \frac{\tau^2}{J}\cdot\frac{\partial M}{\partial \eta} \\ \pi = \frac{1}{G\tau}\cdot\frac{\partial P}{\partial \omega}; & \text{————} & \mu = \frac{\tau}{J}\cdot\frac{\partial M}{\partial \omega} \end{array}\right\} \quad (3)$$

J ist das Trägheitsmoment des Flugzeugs um die zur Symmetrieebene senkrechte Schwerpunktsachse. Die in den Formeln noch auftretende Größe τ ist definiert durch

$$\tau = \frac{v}{g} \quad (4)$$

sie hat die Dimension einer Zeit und könnte als „Fallzeit“[1]) bezeichnet werden, denn sie stellt die Zeit dar, die das Flugzeug im freien Falle zur Erlangung seiner Fluggeschwindigkeit benötigen würde. Die Fallzeit τ ist also nur von der Fluggeschwindigkeit abhängig; sie beträgt etwa 2 bis 4 Sekunden.

Durch Einführung der neuen Konstanten in die Gleichungen (1) erhalten diese die Form:

$$\left.\begin{array}{l} P_1 = P + G p \eta + 2 P \zeta + G \tau \pi \omega \\ Q_1 = Q + G q \eta + 2 Q \zeta \\ M_1 = M + \frac{J}{\tau^2} m \eta + \frac{J}{\tau} \mu \omega \end{array}\right\} \quad (1a)$$

Wir zerlegen nunmehr alle Kräfte in Komponenten parallel und senkrecht zur Flugbahn (d. h. zur augenblicklichen Geschwindigkeit v_1); mit diesen Komponenten stellen wir dann die drei Bewegungsgleichungen für Tangentialbeschleunigung, Normalbeschleunigung und Drehbeschleunigung um den Schwerpunkt auf:

$$\left.\begin{array}{rl} \frac{G}{g} v \frac{d\zeta}{dt} &= S \cos(\psi + \eta) - G \sin(\varphi + \xi - \eta) - Q_1 \\ \frac{G}{g} v \frac{d(\xi - \eta)}{dt} &= S \sin(\psi + \eta) - G \cos(\varphi + \xi - \eta) + P_1 \\ J \frac{d^2 \xi}{dt^2} &= - M_1 \end{array}\right\} \quad (5)$$

An Hand dieser Gleichungen betrachten wir zuerst die (in Abb. 1 voll ausgezogene) Gleichgewichtslage; für diese Lage, wo ξ, η, ζ und das Moment M gleich Null sind, nehmen die Gleichungen folgende Gestalt an:

$$\left.\begin{array}{l} Q = S \cos \psi - G \sin \varphi \\ P = G \cos \varphi - S \sin \psi \\ M = 0 \end{array}\right\} \quad (6)$$

[1]) Diese Bezeichnung wurde von Prof. Stodola für eine gleichartige Größe in seinen Untersuchungen über das analoge Problem der Stabilität eines Regulators eingeführt.

Wir führen jetzt die folgenden (später wieder fortfallenden) Hilfsgrößen ein*):

$$\beta = \frac{P}{G} \qquad \delta = \frac{Q}{G} \tag{7}$$

Da ξ und η sehr kleine Größen sind, so kann man setzen:

$$\begin{aligned}
\cos(\psi + \eta) &= \cos\psi - \sin\psi \cdot \eta \\
\sin(\psi + \eta) &= \sin\psi + \cos\psi \cdot \eta \\
\cos(\varphi + \xi - \eta) &= \cos\varphi - \sin\varphi \cdot \xi + \sin\varphi \cdot \eta \\
\sin(\varphi + \xi - \eta) &= \sin\varphi + \cos\varphi \cdot \xi - \cos\varphi \cdot \eta
\end{aligned}$$

Diese Ausdrücke führen wir gleichzeitig mit den aus den Gleichungen (1a) entnommenen Werten von P_1, Q_1 und M_1 in die Gleichungen (5) ein; dann dividieren wir die beiden ersten Gleichungen durch G, die dritte durch $\frac{J}{\tau^2}$ und erhalten dann, nachdem wir noch zur möglichsten Vereinfachung der Ausdrücke die Gleichungen (6) herangezogen haben, das Gleichungssystem in der folgenden Form:

$$\begin{aligned}
&\tau \frac{d\zeta}{dt} + \cos\varphi \cdot \xi + (q - \beta)\,\eta + 2\,\delta\zeta = 0 \\
&-\tau(1 - \pi)\frac{d\xi}{dt} + \tau\frac{d\eta}{dt} + \sin\varphi \cdot \xi + (p + \delta)\,\eta + 2\,\beta\,\zeta = 0 \\
&\tau^2 \frac{d^2\xi}{dt^2} + \tau\,\mu\frac{d\xi}{dt} + m\,\eta = 0
\end{aligned}$$

Wir führen jetzt an Stelle der Zeit die neue Veränderliche

$$x = \frac{t}{\tau} \tag{8}$$

ein, die wie alle vorher eingeführten Konstanten dimensionslos ist. Dann erhalten wir die drei Bewegungsgleichungen in folgender endgültigen Form:

$$\left.\begin{aligned}
&\cos\varphi \cdot \xi + (q - \beta)\,\eta + \frac{d\zeta}{dx} + 2\,\delta\zeta = 0 \\
&-(1 - \pi)\frac{d\xi}{dx} + \sin\varphi \cdot \xi + \frac{d\eta}{dx} + (p + \delta)\,\eta + 2\,\beta\,\zeta = 0 \\
&\frac{d^2\xi}{dx^2} + \mu\frac{d\xi}{dx} + m \cdot \eta = 0
\end{aligned}\right\} \tag{5a}$$

Um dieses System von linearen Differentialgleichungen aufzulösen, macht man den Ansatz:

$$\xi = X \cdot e^{zx}; \quad \eta = Y \cdot e^{zx}; \quad \zeta = Z \cdot e^{zx},$$

wo X, Y, Z und z Konstante bedeuten. Indem man diese Werte von ξ, η, ζ und

*) Im Interesse besserer Übersichtlichkeit wurde hier gegenüber dem französischen Original eine kleine formale Änderung gemacht, indem die dort zerstreuten Vereinfachungen sämtlich bis zum Schluß des Rechnungsganges zurückgestellt wurden; die Schlußformeln werden dadurch gar nicht, die Zwischenausdrücke nur wenig verändert.

die entsprechenden Werte für ihre Ableitungen in die Gleichungen (5a) einführt, erhält man nach Division durch e^{zx} das Gleichungssystem:

$$\begin{array}{rrr} \cos\varphi \cdot X + & (q-\beta)\cdot Y + (z + 2\,\delta)\cdot Z = 0 \\ [-(1-\pi)\,z + \sin\varphi]\cdot X + [z + (p+\delta)]\cdot Y + & 2\,\beta\cdot Z = 0 \\ (z^2 + \mu\, z)\cdot X + & m\cdot Y + \quad 0\cdot Z = 0 \end{array}$$

Um die Konstanten X, Y, Z zu eliminieren, setzen wir die Determinante ihrer Koeffizienten gleich Null:

$$\begin{vmatrix} z^2 + \mu\, z & m & 0 \\ -(1-\pi)\,z + \sin\varphi & z + (p+\delta) & 2\,\beta \\ \cos\varphi & q - \beta & z + 2\,\delta \end{vmatrix} = 0 \tag{9}$$

Diese Determinante stellt eine Gleichung vierten Grades in bezug auf die Unbekannte z dar. Schreibt man sie in der Form:

$$z^4 + A_1 z^3 + A_2 z^2 + A_3 z + A_4 = 0, \tag{9a}$$

so erhält man für die Koeffizienten die Werte:

$$\left.\begin{array}{l} A_1 = (p + 3\,\delta) + \mu \\ A_2 = 2\,[(p+\delta)\,\delta - (q-\beta)\,\beta] + (p + 3\,\delta)\,\mu + (1-\pi)\,m \\ A_3 = 2\,[(p+\delta)\,\delta - (q-\beta)\,\beta]\,\mu + [2\,\delta\,(1-\pi) - \sin\varphi]\cdot m \\ A_4 = 2\,(\beta\cos\varphi - \delta\sin\varphi)\,m \end{array}\right\} \tag{10}$$

Wir machen nun folgende Annäherungen: an Stelle von β setzen wir 1, an Stelle von δ setzen wir die Gleitzahl γ, gegeben durch:

$$\gamma = \frac{Q}{P} = \frac{\text{Stirnwiderstand}}{\text{Auftrieb}}; \tag{11}$$

da P (der Auftrieb) und G (das Gewicht) nur wenig verschieden sind, so entsteht dadurch nur ein geringer Fehler; ferner lassen wir δ bzw. γ überall dort weg, wo es neben p steht, da p (wie später gezeigt werden wird) immer viel größer, γ bedeutend kleiner als 1 ist; endlich setzen wir noch, da φ ein verhältnismäßig kleiner Winkel ist:

$$\cos\varphi = 1; \quad \sin\varphi = \varphi.$$

Dann erhalten wir für die Koeffizienten folgende genäherten Werte*):

---

*) Wenn man — wie bei v. Kármán-Trefftz — die Multiplikation mit $(z^2 + \mu\, z)$ und m bei der Auswertung der Determinante (9) nicht gliedweise ausführt, so erhält man die charakteristische Gleichung in folgender Form:

$$[z^2 + (p + 3\,\delta)\,z + 2\,\{(p+\delta)\,\delta - (q-\beta)\,\beta\}]\,.\,(z^2 + \mu\, z) +$$
$$+ [(1-\pi)\,z^2 + \{2\,\delta\,(1-\pi) - \sin\varphi\}\,z + 2\,(\beta\cos\varphi - \delta\sin\varphi)]\,m = 0.$$

Führt man hier auch die eben erwähnten Vereinfachungen ein, so nimmt die Gleichung die Form an:

$$[z^2 + p\,z + 2\,(p\,\gamma - q + 1)]\,.\,(z^2 + \mu\, z) + [(1-\pi)\,z^2 + \{2\,\gamma\,(1-\pi) - \varphi\}\,z + 2]\,.\,m = 0.$$

Um diese Formel in vollkommene Übereinstimmung mit der von v. Kármán-Trefftz zu bringen, muß man noch die von diesen gemachten weiteren Vereinfachungen:

$$p\,\gamma - q + 1 = 1 \text{ und } 1 - \pi = 1$$

$$\left.\begin{aligned} A_1 &= p + \mu \\ A_2 &= 2\,(p\,\gamma - q + 1) + p\,\mu + (1 - \pi)\,m \\ A_3 &= 2\,(p\,\gamma - q + 1)\,\mu + \{2\,\gamma\,(1 - \pi) - \varphi\}\,m \\ A_4 &= 2\,m \end{aligned}\right| \qquad (10a)$$

Die Gleichung (9a) liefert die vier Wurzeln z_1, z_2, z_3, z_4, und wir erhalten dann als vollständiges Integral des Gleichungssystems (5a):

$$\left.\begin{aligned} \xi &= X_1\,e^{z_1 x} + X_2\,e^{z_2 x} + X_3\,e^{z_3 x} + X_4\,e^{z_4 x} \\ \eta &= Y_1\,e^{z_1 x} + Y_2\,e^{z_2 x} + Y_3\,e^{z_3 x} + Y_4\,e^{z_4 x} \\ \zeta &= Z_1\,e^{z_1 x} + Z_2\,e^{z_2 x} + Z_3\,e^{z_3 x} + Z_4\,e^{z_4 x} \end{aligned}\right\} \qquad (12)$$

Die zwölf Konstanten können durch die sie verbindenden Beziehungen — entsprechend der Ordnung des Problems — auf vier reduziert werden. Diese vier Konstanten sind aus den Anfangswerten von ξ, η, ζ und ω beim Beginn der Bewegung zu berechnen.

Sind alle vier Wurzeln der Gleichung (9a) reell, so enthalten die Integralgleichungen (12) nur Exponentialfunktionen: die Bewegung ist dann aperiodisch. Sind dagegen zwei oder vier komplexe Wurzeln vorhanden, so bringt man die Integralgleichungen durch Einführung von trigonometrischen Funktionen auf reelle Form: die Bewegung verläuft periodisch, das Flugzeug vollführt Schwingungen um seine Ruhelage.

Das Flugzeug ist stabil, wenn sich ξ, η, ζ für $x = \infty$ (entsprechend $t = \infty$) dem Grenzwert Null nähern. Das ist der Fall, wenn alle reellen Wurzeln und die reellen Teile aller komplexen Wurzeln negativ sind. Die Bedingung hierfür lautet, wenn die Koeffizienten A_1, A_2, A_3, A_4 alle positiv sind (was in allen Fällen, wo Stabilität überhaupt in Frage kommt, stets zutrifft):

$$A_1\,A_2\,A_3 > A_3^2 + A_1^2\,A_4. \qquad (13)$$

Diese Ungleichung ist die notwendige und hinreichende Bedingung für das Bestehen dynamischer Stabilität. Sie ist, wie man sieht, vom dritten Grade und enthält die sieben Koeffizienten p, q, γ, φ, π, m, μ. Von diesen hängt demnach die Stabilität ab, und wir wollen deshalb zunächst sehen, wie wir die numerischen Werte dieser Konstanten bestimmen können. Abgesehen vom Neigungswinkel der Flugbahn φ, der natürlich als bekannt vorausgesetzt werden muß, kann man die Konstanten entweder durch Rechnung oder (bis auf π und μ) durch Versuche am Flugzeug selbst oder an einem Modell desselben bestimmen.

Bestimmung der Konstanten*).

Zur Bestimmung der Konstanten p, q und γ muß man die Kurven kennen, die den Auftrieb P und den Stirnwiderstand Q in Funktion des Anstellwinkels α

---

einführen (von denen späterhin noch die Rede sein wird); dann erhält man für den von den Herren Vortragenden zugrunde gelegten Fall des horizontalen Fluges ($\varphi = 0$):

$$(z^2 + p\,z + 2)\,(z^2 + \mu\,z) + (z^2 + 2\,\gamma\,z + 2)\,m = 0$$

in vollkommener Übereinstimmung mit der Gleichung (4) bei v. Kármán-Trefftz.

*) Dieser Abschnitt, der im Original ziemlich umfangreich ist, wurde im vorliegenden Auszuge besonders stark gekürzt; um dies zu ermöglichen, mußten allerdings auch in der

angeben. Diese Kurven kann man entweder aus Versuchen am Flugzeug selbst oder an einem Modell desselben bestimmen, oder man kann sie — wenn die direkte Bestimmung nicht ausführbar ist — so gut wie möglich aus den Widerstandskurven der Tragflächen und den möglichst richtig geschätzten Widerständen der übrigen Flugzeugteile konstruieren. Die Gleitzahl $\gamma = P : Q$ ist für den dem untersuchten Flugzustande entsprechenden Wert von α ohne weiteres den Kurven zu entnehmen. Um p zu finden, muß man den Differentialquotienten $\frac{dP}{d\alpha}$ bestimmen, indem man an die P-Kurve eine Tangente legt. Unter Vernachlässigung des geringen Unterschieds zwischen P und G kann man dann setzen:

$$p = \frac{1}{G} \cdot \frac{dP}{d\eta} = \frac{1}{P} \cdot \frac{dP}{d\alpha}$$

und erhält dann p unmittelbar als die reziproke Subtangente der P-Kurve auf der α-Achse. Die Tangente, die (abgesehen von sehr großen Anstellwinkeln) mit der fast geradlinig verlaufenden Auftriebskurve fast zusammenfällt, schneidet die α-Achse bei einem negativen Winkel α_0 von etwa -3 bis -6^0, und man erhält dann für die reziproke Subtangente:

$$p = \frac{1}{\alpha_0 + \alpha} = \frac{1}{\alpha_1} \tag{14}$$

wenn man mit $\alpha_1 = \alpha_0 + \alpha$ den vom Schnittpunkt der P-Kurve (bzw. Geraden) mit der α-Achse gezählten Anstellwinkel bezeichnet, den man den „ideellen" oder „wirksamen" Anstellwinkel nennt. Da der wirksame Anstellwinkel meist zwischen 6^0 und 12^0 liegt, so hat die Konstante p im allgemeinen Werte zwischen 5 und 10.

Die Konstante q kommt nur in der Zusammenstellung $(p\gamma - q + 1)$ vor. Setzt man in diesen Ausdruck die aus den Gleichungen (3) und (11) entnommenen Werte von p, q und γ ein, so erhält man:

$$p\gamma - q + 1 = 1 - \frac{1}{G}\left\{Q' - P' \frac{Q}{P}\right\} = 1 - \gamma' \tag{15}$$

wenn mit P', Q', γ' die Ableitungen von P, Q, γ nach η oder α bezeichnet werden. In den meisten Fällen ist γ' sehr nahe Null und daher $p\gamma - q + 1$ sehr nahe $= 1$, da der Wert $\gamma' = 0$ dem Minimum von γ, also der günstigsten Gleitzahl entspricht, der man sich stets möglichst zu nähern sucht*).

Die Bestimmung des stabilisierenden Moments m kann gleichfalls durch direkte Modellversuche erfolgen**); um aber eine richtige Vorstellung davon zu

Darstellung verschiedene Umänderungen vorgenommen werden, die Ergebnisse werden indes durch diese Änderungen in keiner Hinsicht beeinflußt.

*) Es muß indes darauf hingewiesen werden, daß für kleine Anstellwinkel γ' oft sehr rasch abfällt und schon bei 3—4^0 bisweilen gleich -1 wird (also $1 - \gamma = 2$); aus diesem Grunde schien mir die von v. **Kármán-Trefftz** gemachte Annäherung

$$p\gamma - q + 1 = 1 - \gamma' = 1$$

nicht ganz unbedenklich, und ich habe sie nicht in meine Formeln eingeführt.

) Siehe K. **Wieselsberger, Über die statische Längsstabilität der Drachenflugzeuge Diss. München 1913.

erhalten, wovon m abhängt, muß man die Rechnung zu Hilfe nehmen. Um diese für den Fall eines Flugzeugs mit Haupt- und (belasteter oder unbelasteter) Schwanzfläche durchzuführen, setzen wir für den Auftrieb der beiden Flächen:

$$P = k\,f\,v^2\,\alpha_1; \qquad P_s = k_s\,f_s\,v^2\,\alpha_{1s} \tag{16}$$

wobei P der Auftrieb der Haupttragfläche f, α_1 ihr wirksamer Anstellwinkel und k eine (hauptsächlich vom Seitenverhältnis, weniger von der Wölbung abhängende) Konstante ist; die mit dem Index s bezeichneten Größen beziehen sich in gleicher Weise auf die Schwanzfläche. Wir führen weiter noch die Größe

$$u = \frac{k_s\,f_s}{k\,f}, \tag{17}$$

das ist das auf gleiche Flächenform bezogene Verhältnis der Schwanz- zur Hauptfläche, ein und bezeichnen mit $\lambda = \frac{de}{d\alpha}$ die Druckpunktsverschiebung der Haupttragfläche (e = Abstand des Druckpunktes von der Vorderkante). Dann ergibt sich für die Ableitung des Drehmoments nach dem Anstellwinkel

$$\frac{dM}{d\alpha} = G\cos\varphi\left(\frac{\alpha_1 - \alpha_{1s}}{\alpha_1^2}\,u\,l + \lambda\right)^{*)},$$

wenn mit l die Länge des Schwanzes, d. h. die Strecke vom Schwerpunkt des Flugzeugs bis zum Druckmittelpunkt der Schwanzfläche, bezeichnet wird. Durch Einsetzen dieses Wertes in den Ausdruck (3) für m ergibt sich, wenn wieder $\cos\varphi = 1$ gesetzt wird:

$$m = \frac{v^2}{g\,\rho^2}\left(\frac{\sigma\,u\,l}{\alpha_1} + \lambda\right). \tag{18}$$

ρ ist der Trägheitsradius des Flugzeugs $\left(J = \frac{G}{g}\,\rho^2\right)$, während die „Schränkungszahl"

$$\sigma = \frac{\alpha_1 - \alpha_{1s}}{\alpha_1} \tag{19}$$

das Verhältnis der Schränkung zum Anstellwinkel der Hauptfläche angibt. Die Schränkungszahl, die für unbelastete Schwanzfläche = 1, für belastete < 1 ist, gibt an, um wieviel die stabilisierende (nicht aber die dämpfende!) Wirkung der tragenden Schwanzfläche geringer ist als die einer gleich großen vollkommen unbelasteten Fläche.

Jetzt sind endlich noch die Konstanten π und μ zu berechnen, die den Einfluß der Drehung um den Schwerpunkt wiedergeben. Von Bedeutung ist nur der Einfluß der Schwanzfläche. Durch die Drehung erhält diese zu ihrer Vorwärtsgeschwindigkeit v noch eine senkrecht zu dieser gerichtete Zusatzgeschwindigkeit $l \cdot d\omega$; dadurch wird die absolute Größe der Geschwindigkeit nicht merklich beeinflußt, aber der Anstellwinkel α wird um den Betrag $\frac{l}{v}\,d\omega$ vergrößert. Infolge-

---

*) Die Ableitung dieser Formel ist im ersten, die statische Stabilität behandelnden Teile der Originalarbeit enthalten, wurde aber, als zu weit führend, wie der ganze erste Teil hier fortgelassen. Sie bietet übrigens keinerlei Schwierigkeiten.

dessen wachsen der Auftrieb und das Drehmoment der Schwanzfläche um die Beträge:

$$\frac{dP_s}{d\omega} = k_s f_s v l = G \frac{u l}{v \alpha_l}; \quad \frac{dM}{d\omega} = G \frac{u l^2}{v \alpha_l},$$

und nach Gleichung (3) ergibt sich daraus:

$$\pi = \frac{g}{v^2} \cdot \frac{u l}{\alpha_l}; \quad \mu = \frac{1}{\rho^2} \cdot \frac{u l^2}{\alpha_l}. \tag{20}$$

Was π betrifft, so kommt es in den Ausdrücken für A_2 und A_3 nur in der Verbindung $1 - \pi$ vor. Durch Einsetzen von praktisch vorkommenden Werten kann man sich aber leicht überzeugen, daß — abgesehen von extrem langsamen Flugzeugen und solchen mit übertrieben großer Schwanzfläche, die schon mehr Tandem-Flugzeuge sind — π immer so klein ist, daß es gegenüber 1 vernachlässigt werden kann. In A_2 kann π auch in den eben erwähnten Ausnahmefällen fortgelassen werden, da es in der Verbindung $m\pi$ vorkommt, die — wie man leicht aus den Formeln für p, m, π, μ erkennt — immer klein gegen das danebenstehende Glied $p\mu$ ist.

Wie man sieht, hat die Schwanzfläche eine doppelte Wirkung: sie erzeugt ein „stabilisierendes Moment" m und ein „Dämpfungsmoment" μ. Das erste ist der Länge des Schwanzes, das zweite dem Quadrat dieser Länge proportional. Je länger und je mehr belastet der Schwanz ist*), desto mehr tritt das stabilisierende Moment neben dem Dämpfungsmomente zurück.

Diskussion der Stabilitätsbedingung.

Um eine Vorstellung zu gewinnen, welchen Einfluß das stabilisierende Moment m und das Dämpfungsmoment μ auf die dynamische Stabilität haben, betrachten wir nacheinander die beiden Grenzfälle $\mu = 0$ und $m = 0$.

1. Grenzfall: $\mu = 0$. — Bis jetzt**) ist von allen Autoren nur dieser Spezialfall untersucht worden. Wir werden indes an dem nachfolgenden Zahlenbeispiel deutlich erkennen, daß er zu Ergebnissen führt, die fast immer von den wirklichen Vorgängen sehr weit entfernt sind.

Setzt man in den Ausdrücken (10a) $\mu = 0$, so ergibt die Stabilitätsbedingung (13):

$$2p(p\gamma - q + 1)[2\gamma(1-\pi) - \varphi]m + p(1-\pi)[2\gamma(1-\pi) - \varphi]m^2 >$$
$$> [2\gamma(1-\pi) - \varphi]^2 m^2 + 2p^2 m,$$

oder wenn π gegenüber 1 vernachlässigt wird:

$$(2\gamma - \varphi)[p - (2\gamma - \varphi)]m > 2p[p - (p\gamma - q + 1)(2\gamma - \varphi)].$$

In beiden eckigen Klammern können die zweiten Glieder gegenüber p vernachlässigt werden, und man erhält so als Stabilitätsbedingung:

$$m > \frac{p}{\gamma - \frac{\varphi}{2}} \tag{21}$$

*) Hier wäre zu ergänzen: und je geringer die Geschwindigkeit ist.

**) Bezieht sich auf die Zeit der Veröffentlichung der Originalarbeit, Ende 1910.

Man sieht, daß (im Falle $\mu = 0$) das Flugzeug im Abstieg stabiler ist als im Anstieg, um so mehr als — wie im Abschnitt über die statische Stabilität gezeigt wurde *) — auch m im Abstieg größer ist. Steigt das Flugzeug unter einem Winkel, der doppelt so groß ist als der Gleitwinkel, so ist selbst mit unendlich großer Schwanzfläche keine Stabilität zu erreichen **).

Für $\varphi = 0$ ist die Ungleichung (21), wie man durch Einsetzen der berechneten Werte von m, p, γ sieht — wenn man noch die Annäherungen $\lambda = 0$ und $p\gamma - q + 1 = 1$ macht —, mit der von Soreau gegebenen Formel in voller Übereinstimmung ***).

2. Grenzfall: $m = 0$. — Für $m = 0$ besitzt das Flugzeug keine statische Stabilität, es ist im indifferenten Gleichgewicht; es hat weder das Bestreben, in seine Ruhelage zurückzukehren, noch sich von ihr zu entfernen und ist in jeder benachbarten Lage ebenfalls im Gleichgewicht. Obwohl man diesen Grenzfall natürlich vermeiden mnß, bietet er doch ziemliches Interesse, da die meisten Flugzeuge sich ihm viel mehr nähern als dem anderen Grenzfalle $\mu = 0$.

Setzt man in den Ausdrücken (10a) für A_1, A_2, A_3, A_4 überall $m = 0$, so zerfällt die charakteristische Gleichung (9a) in die drei Gleichungen:

$$z = 0; \qquad z + \mu = 0; \qquad z^2 + pz + 2(p\gamma - q + 1) = 0. \tag{22}$$

Da eine der vier Wurzeln gleich Null ist, nehmen die Integralgleichungen die Form an:

$$\xi = X_1 e^{z_1 x} + X_2 e^{z_2 x} + X_3 e^{z_3 x} + X_4, \tag{23}$$

wo das konstante Glied X_4 die Entfernung der neuen Ruhelage von der alten ist. Da p mindestens gleich 5 und $p\gamma - q + 1$ kaum größer als 2 ist, so sind die anderen drei Wurzeln reell und negativ und meist nicht sehr nahe an Null. Daraus folgt:

Ein im indifferenten Gleichgewicht befindliches Flugzeug ($m = 0$) kehrt nach einer Störung im allgemeinen nicht wieder in seine Anfangslage zurück, sondern es nähert sich schwingungsfrei (und in den meisten Fällen ziemlich rasch) einer neuen Gleichgewichtslage.

Zahlenbeispiel.

Um sehr komplizierte allgemeine Rechnungen zu vermeiden und gleichzeitig zu zeigen, wie man die erhaltenen Ergebnisse in der Praxis anwenden kann, soll

---

*) Dieser Abschnitt wurde, wie erwähnt, fortgelassen; vgl. dafür die Originalarbeit.

**) Die Auffindung des Einflusses der Flugbahnneigung auf die Stabilität schreibt Bryan in seinem Buche „Die Stabilität der Flugzeuge" (deutsche Übersetzung von Bader, Berlin 1914) seinem Mitarbeiter Harper zu; ich glaube indes, daß meine diesbezügliche Veröffentlichung beträchtlich früher erfolgt ist. — Die Beziehung ist indes — wie Knoller in seiner schon erwähnten Untersuchung gezeigt hat — nur dann streng richtig, wenn sich bei Schwankungen der Fluggeschwindigkeit der Propellerschub nicht merklich ändert, was immer dann zutrifft, wenn das Drehmoment des Motors bei einer kleinen Erhöhung der Umlaufzahl noch nicht stark abfällt.

***) Ebenso mit den Formeln von Bryan, Ferber, Knoller und v. Kármán-Trefftz; bei letzteren lautet die Formel: $q > \frac{a}{b}$.

ein Zahlenbeispiel ausführlich untersucht werden. Wir legen demselben ein Flugzeug von folgenden Ausmaßen zugrunde*):

Tragfläche: $f = 20\ m^2$
Wirksamer Anstellwinkel: $\alpha_i = 0{,}125\ (= 7^0\ 15')$
Tragkoeffizient der Hauptfläche: $k = 0{,}3$
„ „ Schwanzfläche: $k_s = 0{,}15$
Gesamtgewicht: $G = 300$ kg
Geschwindigkeit (berechnet aus: $G = k\, f\, v^2\, \alpha_i$): $v = 20$ m/sec
Stirnwiderstand = Propellerschub: $S = 75$ kg
Gleitzahl: $\gamma = S : G = 0{,}25$
Trägheitsradius: $\rho = 1$ m
Steigungswinkel der Flugbahn: $\varphi = 0$ (Horizontalflug).

Aus diesen Annahmen erhält man:

$$p = 8;\quad q = 2;\quad p\gamma - q + 1 = 1 - \gamma' = 1,$$

und die Koeffizienten der Gleichung (9a) werden:

$$A_1 = 8 + \mu;\quad A_2 = 2 + 8\mu + m;\quad A_3 = 2\mu + 0{,}5\, m;\quad A_4 = 2\, m.$$

Wir untersuchen nun die Stabilität für verschiedene Werte des stabilisierenden Moments m und des Dämpfungsmoments μ.

Wenn man vom Einfluß der Druckpunktwanderung λ absieht, so erhält man aus den Gleichungen (18) und (20):

$$m = 8\, \sigma\, f_1\, l;\quad \mu = 0{,}2\, f_1\, l^2.$$

Wird — wie es bisher stets geschehen ist — der Einfluß der Dämpfung vernachlässigt, so erhält man aus Gleichung (21) als Bedingung für die Stabilität:

$$m > 32.$$

Mit $\sigma = 1$ (unbelastete Schwanzfläche) ergibt das für $l = 5$ m: $f_1 = 0{,}8\ m^2$, für $l = 8$ m: $f_1 = 0{,}5\ m^2$ usw.

Untersucht man nun weiter an Hand der Ungleichung (13) die Stabilität mit Berücksichtigung des Dämpfungsmoments μ, so erhält man als Grenze der Stabilität die in Abb. 2 mit a bezeichnete Kurve, wobei die schraffierte Fläche das Gebiet der Unstabilität bezeichnet. Wie man sieht, ist schon ein sehr kleiner Wert von μ ($\mu > 1{,}55$) ausreichend, um bei jedem Werte von m Stabilität zu haben. Die durch die Gleichung (21) gegebene Stabilitätsbedingung ist daher praktisch wertlos, denn selbst bei einem schwanzlosen Flugzeuge wird das Dämpfungsmoment μ in fast allen Fällen groß genug sein, um die Stabilität für jeden Wert von m zu gewährleisten.

---

*) Die Ausmaße beziehen sich naturgemäß auf die zur Zeit der Abfassung des Artikels (Sommer 1910) vorhandenen kleinen, sehr leichten und relativ langsamen Flugzeuge (z. B. Blériot-Eindecker mit 25-PS-Anzani-Motor). In den Bezeichnungen von v. Kármán-Trefftz ist in meinem Zahlenbeispiel $a = 5{,}66$, $b = 0{,}354$, während die erwähnten Vortragenden die Mittelwerte $a = 4$, $b = 0{,}283$ zugrunde legen; trotz dieser verschiedenen Annahmen ist die Gestalt der Kurven fast genau dieselbe.

Die Untersuchung der Wurzeln der Gleichung (9a) auf Realität führt zu den drei Kurven b, c, d (Fig. 2), die die Fläche in Gebiete mit vier reellen in solche mit zwei reellen und zwei komplexen und endlich solche mit vier komplexen Wurzeln teilen. Die in die Abbildung eingeschriebenen Zahlen geben die Zahl der reellen Wurzeln an, das mit 4 bezeichnete Gebiet entspricht daher der aperiodischen Bewegung. Wie man sieht, ist dieselbe nur möglich, wenn μ groß und m sehr klein ist (ungefähr $m < 0,065\,\mu$).

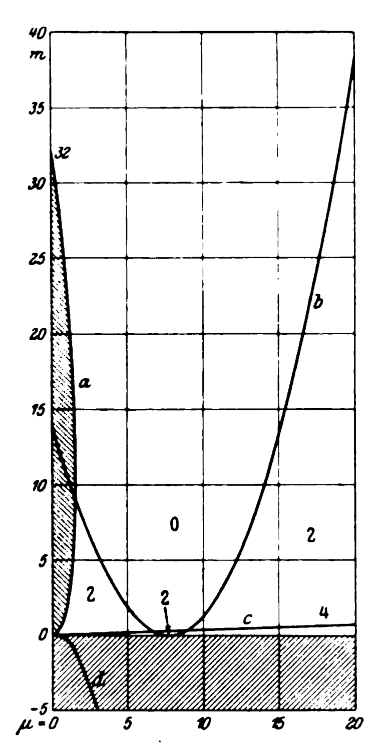


Fig. 2. ▨ = statisch unstabiles, ▩ = dynamisch unstabiles Gebiet. Die Zahlen bezeichnen die Anzahl der reellen Wurzeln.

Beispielsweise erhält man mit einer Schwanzfläche von 2,04 m² und $l = 7$ m den Wert $\mu = 20$. Ist die Schwanzfläche unbelastet ($\sigma = 1$), so wird $m = 114$, und man erhält vier komplexe Wurzeln, also eine doppelt periodische Bewegung mit raschen Schwingungen. Macht man den Schwanz tragend, so erhält man beispielsweise für $\sigma = 0,25$ den Wert $m = 28,5$, und die Bewegung ist nur mehre infach periodisch. Verkleinert man m noch weiter, so daß die beiden Flächen fast parallel stehen, so erhält man schließlich eine rein aperiodische Bewegung. Für $m = 1$ z. B. ergeben sich die Wurzelwerte:

$$z_1 = -0,0675; \quad z_2 = -0,1901;$$
$$z_3 = -7,822; \quad z_4 = -19,921.$$

Zwei von den Wurzeln sind immer sehr nahe an Null, was einer langsamen Rückkehr in die Ruhelage entspricht bzw. einer schwachen Dämpfung im Falle der periodischen Bewegung. Dieser Übelstand ist unvermeidlich und tritt um so stärker hervor, je kleiner die Gleitzahl γ und je größer die Fluggeschwindigkeit ist.

Schlußfolgerungen.

1. Schon beim Vorhandensein eines sehr geringen (selbst bei einem schwanzlosen Flugzeuge wohl stets vorhandenen) Dämpfungsmoments ist das Flugzeug ohne weiteres dynamisch stabil, sobald es statisch stabil ist.

2. Um eine aperiodische oder der Aperiodizität sich nähernde Bewegung zu erhalten, muß das Dämpfungsmoment groß und das stabilisierende Moment klein sein.

Nachbemerkungen.

Wie ein Vergleich der vorstehenden Übersetzung meiner Arbeit mit dem Vortrage der Herren v. Kármán und Trefftz ergibt, ist die angewandte Methode der Darstellung in beiden Arbeiten genau dieselbe, und auch die erhaltenen Resultate stimmen inhaltlich und formell vollkommen überein. Besonders auffallend zeigt sich diese Übereinstimmung bei einem Vergleich meiner Abb. 2 mit den ent-

sprechenden Kurven in den dem Vortrage beigegebenen Figuren. Obwohl in beiden Fällen verschiedene Zahlwerte eingesetzt wurden, ist doch die Gestalt der Kurven fast genau die gleiche — ein schönes Zeichen dafür, daß die gefundenen Resultate wirklich sehr allgemein zutreffend sind. Daß ich die „Hüllkurve", die Grenze zwischen der periodischen und aperiodischen Bewegung (Abb. 2 zum Vortrage), nicht in ihrem ganzen Verlaufe, sondern nur in dem für die praktische Anwendung in Betracht kommenden Teile gezeichnet habe, ist natürlich nur aus Gründen der Raumersparnis geschehen, und was die in meiner Arbeit nicht erwähnte Konstruktion der Kurve betrifft, so habe ich dazu ein ähnliches indirektes Verfahren wie das von den Herren Vortragenden angegebene benutzt.

In einigen Punkten war meine Arbeit allgemeiner gehalten als der Vortrag; sie berücksichtigt von vornherein verschiedene Neigungswinkel der Flugbahn und verschiedene Winkel zwischen Flugbahn und Schraubenachse (bzw. sie läßt erkennen, daß der letztere Winkel, wenn er nicht allzu groß ist, keinen merklichen Einfluß hat) und bezieht sich ebenso auf belastete wie auf unbelastete Schwanzflächen, während v. Kármán-Trefftz sich ausdrücklich nur auf einfach tragende Systeme, also unbelastete Schwanzfläche, beschränken. Vorteilhaft scheint mir auch die von mir durchgehend angewandte Methode, die charakteristischen Größen (p, m, μ, usw.) zunächst durch allgemein gültige Differentialformeln (Gleichungen (3)) festzulegen und sie nicht von Anfang an aus bestimmten Annahmen über die Wirkungsweise der Tragflächen und Schwanzflächen abzuleiten, da man dabei klarer erkennt, daß es sich um allgemeine Kennzahlen handelt, die — unabhängig von der Bauart des Flugzeugs und von besonderen Annahmen über die Luftwiderstandskräfte — immer in gleicher Weise in die Formeln eingehen, und deren Bestimmung im Prinzip ebensowohl durch Berechnung wie durch Versuche erfolgen kann.

Es war mir sehr erfreulich, daß durch die unabhängig von mir unternommene Arbeit der Herren v. Kármán und Trefftz sich die Zweckmäßigkeit der von mir bereits vor vier Jahren angewandten Darstellungsweise so deutlich gezeigt hat, und ich hoffe, daß diese Methode in der Tat bei weiterer Vervollkommnung dazu führen wird, dem Konstrukteur eine sichere Grundlage zur Beurteilung der Stabilitätseigenschaften der von ihm entworfenen Flugzeuge zu liefern. Wenn sie auch nicht so bestechend elegant ist, wie die außerordentlich interessante, halb graphische Methode von Knoller, so glaube ich doch, daß sie zur wirklichen praktischen Verwendung besser geeignet sein dürfte als diese. Und ich begrüße es mit großer Freude, daß die Herren Vortragenden durch die eingehende Untersuchung der Schwingungszahlen und Dämpfungskonstanten wesentlich zum besseren Verständnis der Vorgänge beigetragen und die Theorie der praktischen Anwendung um ein erhebliches Stück nähergebracht haben.

Zur wirklichen Verwendbarkeit der Rechnungsergebnisse in der Praxis reichen allerdings auch diese Untersuchungen noch nicht aus; hierzu wären vor allem noch eingehende Untersuchungen über das Verhalten des Flugzeugs bei verschiedenartigen Störungen notwendig, wie sie von Knoller für einzelne Fälle nach seiner halb graphischen Methode bereits ausgeführt wurden, und ferner auch Untersuchungen darüber, in welchem Maße die zunächst nur für kleine Störungen gel-

tenden Formeln sich ändern, wenn es sich um größere Abweichungen von der Gleichgewichtslage handelt, wie sie beim Fluge öfter vorkommen können. Ich glaube, daß auch zu diesen Untersuchungen die von den Herren Vortragenden und mir angewandte Rechnungsweise sehr gut geeignet sein dürfte.

Nach der guten Übereinstimmung der von verschiedenen Verfassern erhaltenen Resultate kann man wohl annehmen, daß jetzt die Frage ziemlich geklärt ist, von welchen Größen die Stabilität eines Flugzeugs vornehmlich abhängt und in welcher Art sie durch diese Größen beeinflußt wird. Große Verwirrung — besonders bei allen, die den Gegenstand nicht ganz vollkommen beherrschen— entsteht aber dadurch, daß jeder Verfasser ganz andere Benennungen und Bezeichnungen für diese Größen wählt und sie auch häufig in anderer Form (z. B. mit einem konstanten Faktor multipliziert oder zwei Größen durch Multiplikation oder Division miteinander verbunden) in seine Ausdrücke einsetzt, wodurch es oft den Anschein gewinnt, als ob es sich um ganz andere Größen handeln würde. Bei einer Durchsicht der folgenden Tabelle der von den Herren v. Kármán-Trefftz, von Prof. Knoller und von mir angewandten Bezeichnungen erkennt man leicht, daß es sich immer wieder um dieselben, in den verschiedensten Verkleidungen auftretenden Größen handelt, nicht nur bei den fast inhaltsgleichen Arbeiten von v. Kármán-Trefftz und mir, sondern auch bei der scheinbar so sehr verschiedenen Arbeit von Knoller. Es wäre sehr wünschenswert, wenn über die Benennung und Bezeichnung der wichtigtsen dieser Größen eine Einigung zustande käme, die nicht nur dem weiterarbeitenden Forscher eine sehr wesentliche Erleichterung gewähren, sondern auch die Anwendung der gefundenenen Ergebnisse in der Praxis erst wirklich möglich machen würde.

Vergleich der Bezeichnungen.

Größe	Festlegung (Bezeichnungen nach Quittner)	Dimension (techn.)	Bezeichnung bei v. Kármán-Trefftz	Quittner	Knoller
			A. Konstanten beim normalen Fluge.		
Größe der Tragfläche	—	m^2	F	f	F
Flugzeuggewicht . .	—	kg	[A]	G	S
Propellerschub . . .	—	kg	[W]	S	U
Steigwinkel der Flugbahn	—	0	[0]	φ	ε
Anstellwinkel der Tragfläche	—	0	α	α	α
Auftrieb	—	kg	A	P	$\frac{\gamma}{g} F v^2 \cdot A$[1])
Stirnwiderstand . .	—	kg	W	Q	$\frac{\gamma}{g} F v^2 \cdot W$[1])
Fluggeschwindigkeit	—	m/sec	U	v	v
Geschwindigkeitshöhe	$\frac{v^2}{2g}$	m	H	h	
Fallzeit	$\frac{v}{g}$	sec	$\frac{U}{g}$	τ	t_2
Pendelzeit der Geschwindigkeitshöhe	$2\pi\frac{v}{g}$	sec	$2\pi\frac{U}{g}$	$2\pi\tau$	t_1

Größe	Festlegung (Bezeichnungen nach Quittner)	Dimension (techn.)	Bezeichnung bei v. Kármán-Trefftz	Bezeichnung bei Quittner	Bezeichnung bei Knoller
B. Koordinaten der Störung.					
Aufdrehung des Flugzeugs	$(\varphi_1+\alpha_1)-(\varphi+\alpha)$[2]	0	φ	ξ	$\delta\varepsilon$
Aufdrehung der Flugbahn.	$\varphi_1-\varphi$[2]	0	δ	$\xi-\eta$	$\delta\varepsilon-\delta\alpha$
Zunahme des Anstellwinkels	$\alpha_1-\alpha$[2]	0	$\alpha=\varphi-\delta$	η	$\delta\alpha$
Zunahme der Geschwindigkeit . . .	v_1-v[2]	m/sec	u	ζv	δv
Relative Geschwindigkeitszunahme . . .	$\frac{v_1-v}{v}$[2]	0	$\frac{u}{U}$	ζ	$\frac{\delta v}{v}$
Drehgeschwindigkeit um den Schwerpunkt	$\frac{d\xi}{dt}$	1/sec	ω	ω	
C. Wirkung der Störung auf die Haupt-Tragflächen und Schraube.					
Wirksamer Anstellwinkel	$G:\frac{\partial P}{\partial\alpha}$	0	$\alpha_0+\alpha$	$\alpha_l\,(=\alpha_0+\alpha)$	α_l
Auftriebzuwachszahl .	$\frac{1}{G}\cdot\frac{\partial P}{\partial\alpha}$	0	$\sqrt{2}\cdot a$	$p\left(=\frac{1}{\alpha_l}\right)$	$\frac{1}{\alpha_l}$
Widerstandszuwachszahl	$\frac{1}{G}\cdot\frac{\partial Q}{\partial\alpha}$	0	[a b]	q	
Gleitzahl	$\frac{Q}{P}$	0	$\varepsilon=\frac{1}{\sqrt{2}}\cdot b$	γ	γ
Schubabfallzahl (Propeller)	$-\frac{1}{G}\cdot\frac{\partial S}{\partial\xi}$	0	[0]	s[3]	$\varepsilon_l-\varepsilon$
Wirksame Gleitzahl .	$\gamma-\frac{s}{2}$	0	$[\gamma]$	γ_l	γ_l
Auftriebszuwachszahl für Drehung . . .	$\frac{1}{G\tau}\cdot\frac{\partial P}{\partial\omega}$	0	$\frac{\delta e}{2H}$	π	[0]
D. Stabilisierendes Moment.					
Größe der Schwanzfläche	—	m^2	f	f_s	(m F)[4]
Schwanzlänge (ab Schwerpunkt) . .	—	m	l	l	
Wirksamer Anstellwinkel der Schwanzfläche	$P_s:\frac{\partial P_s}{\partial\alpha}$	0	[0]	α_{ls}	
Tragzahl der Hauptfläche	$\frac{P}{f\,v^2\,\alpha_l}$	$\frac{kg\,sec^2}{m^4}$	$\frac{\gamma}{g}\,\zeta'_A$[1]	k	$\frac{\gamma}{g}\,a$[1]

[1]) γ bezeichnet hier nicht die Gleitzahl, sondern das spezifische Gewicht der Luft.

[2]) Die Bezeichnungen mit dem Index 1 bedeuten die Werte der mit den gleichen Buchstaben bezeichneten Größen in einem beliebigen Augenblick während der durch die Störung hervorgerufenen Bewegung.

[3]) Größen, die in meiner Arbeit nicht vorkamen, für die ich indes die in die Tabelle eingesetzten Bezeichnungen vorschlage.

[4]) m F ist die auf gleiche Tragkoeffizienten mit der Hauptfläche bezogene Schwanzfläche.

Größe	Festlegung (Bezeichnungen nach Quittner)	Dimension (techn.)	Bezeichnung bei v. Kármán-Trefftz	Bezeichnung bei Quittner	Bezeichnung bei Knoller
Tragzahl der Schwanzfläche	$\frac{P_s}{f_s v^2 \alpha_{1s}}$	$\frac{\text{kg sec}^2}{\text{m}^4}$	$\frac{\gamma}{g} \zeta_d$ [1]	k_s	
Wirksames Flächenverhältnis	$\frac{k_s \cdot f_s}{k \cdot f}$	0	$\frac{\zeta'_d}{\zeta_A} \cdot \frac{f}{F}$	u	m
Schränkungszahl . .	$\frac{\alpha_1 - \alpha_{1s}}{\alpha_1}$	0	[1]	σ	
Metazentrische Höhe	$\frac{1}{G} \cdot \frac{\partial M}{\partial \alpha}$	m	$h_r \left(= \frac{\varkappa^2}{H} q\right)$	$\frac{\rho^2}{2h} \cdot m$	$c \left(= \frac{r}{\alpha_1}\right)$
Stabilitätsarm (Knoller)	$\frac{\partial M}{\partial \alpha} : \frac{\partial P}{\partial \alpha}$	m	$\frac{h_r}{\sqrt{2} \cdot a}$	$\frac{\rho^2}{2h} \cdot \frac{m}{p}$	$r (= c \alpha_1)$
Stabilisierendes Moment	$\frac{1}{G} \cdot \frac{2h}{\rho^2} \cdot \frac{\partial M}{\partial \alpha}$	0	$2q$	m	$\frac{\eta}{\alpha_1} \left(= \frac{2h}{\rho^2} c\right)$
Stabilisierendes Moment (nach Knoller)		0	$\sqrt{2} \frac{q}{a}$	$\frac{m}{p}$	η
E. Dämpfungsmoment.					
Massen- Trägheitsradius um die horizontale Querachse	—	m	$\varkappa$	ρ	ρ
Flächen- Trägheitsradius um die horizontale Querachse	$\sqrt{v\left(\frac{\partial M}{\partial \omega} : \frac{\partial P}{\partial \alpha}\right)}$	m	$\sqrt{\frac{p}{a}} \cdot \rho$	$\sqrt{\frac{\mu}{p}} \cdot \rho$	ρ_1
Verhältnis der Trägheitsmomente . . .	$\frac{v}{\rho^2}\left(\frac{\partial M}{\partial \omega} : \frac{\partial P}{\partial \alpha}\right)$	0	$\frac{p}{a}$	$\frac{\mu}{p}$	$\varkappa = \frac{\rho_1^2}{\rho^2}$
Dämpfungsmoment .	$\frac{1}{G} \cdot \frac{v}{\rho^2} \cdot \frac{\partial M}{\partial \omega}$	0	$\sqrt{2} \cdot p$	μ	$\frac{\varkappa}{\alpha_1}$
Gedämpfte Stabilität (Knoller)	$\frac{\tau}{p}\left(\frac{\partial M}{\partial \alpha} : \frac{\partial M}{\partial \omega}\right)$	0	$\frac{q}{a p}$	$\frac{m}{p \mu}$	$\tau = \frac{\eta \alpha_1}{\varkappa}$
Unbenannte Größe (Knoller)	$\frac{1}{2}\left(\alpha_1 + \frac{1}{\mu}\right)$	0	$\frac{a+p}{2ap}$	$\frac{p+\mu}{2p\mu}$	$\alpha_e \left(= \alpha_1 \frac{1+\varkappa}{2\varkappa}\right)$
F. Schwingungszahlen und Dämpfungskonstanten.					
Dimensionslose Zeitvariable	$t : \tau$	0	$\frac{g}{U} t$	x	—
Wurzel der charakteristischen Gleichung: Variable t	—	$\frac{1}{\text{sec}}$	σ	z_t [3]	—
Wurzel der charakteristischen Gleichung: Variable x	—	0	$\sqrt{2} \cdot z$	z	—
Imaginärer Teil der Wurzel . (Variable x) . . .	—	0	$\sqrt{2} \cdot \nu$	ν [3]	—
Reeller Teil der Wurzel . (Variable x) . . .	—	0	$\sqrt{2} \cdot \lambda$	λ [3]	—
Schwingungszahl in der Zeiteinheit	—	$\frac{1}{\text{sec}}$	$\frac{\sqrt{2}}{2\pi} \cdot \frac{g}{U} \nu$	$\nu : 2\pi\tau$	$z : 2\pi t_s$
Schwingungszahl in der 2π × Fallzeit	—	0	$\sqrt{2} \cdot \nu$	ν	z

Größe	Festlegung (Bezeichnungen nach Quittner)	Dimension (techn.)	Bezeichnung bei v. Kármán-Trefftz	Bezeichnung bei Quittner	Bezeichnung bei Knoller
Schwingungsdauer . .	—	sec	$\frac{2\pi}{\sqrt{2}} \cdot \frac{U}{g} \cdot \frac{1}{\nu}$	$\frac{2\pi\tau}{\nu}$	$\frac{2\pi t_2}{z}$
Dämpfung in der Zeiteinheit .	—	$\frac{1}{sec}$	$\sqrt{2} \cdot \frac{g}{U} \lambda$	$\lambda : \tau$	$\mu : t_2$
Dämpfung in der Fallzeit . .	—	0	$\sqrt{2} \cdot \lambda$	λ	μ
Dämpfung in der $\frac{1}{2\pi}$ Schwing.-Dauer . . .	—	0	$\lambda : \nu$	$\lambda : \nu$	$\operatorname{tg} \nu = \frac{\mu}{z}$

Die in eckige Klammern gesetzten Ausdrücke ergeben sich aus von dem betreffenden Verfasser gemachten vereinfachenden Annahmen.

Prof. Dr. v. Kármán-Aachen:

Als Schlußwort möchte ich zuerst zu den Äußerungen der Herren Quittner und Reißner folgendes bemerken: Es ist sehr schade, daß die Z. Ver. deutsch. Ing. für Herrn Quittners Arbeit keinen Raum gefunden hat; ich glaube, unsere Arbeit wäre dann kaum entstanden. Es ist in der Tat überraschend, wie weit die Ähnlichkeit der Behandlungsweise in den beiden Arbeiten geht, namentlich in der Art und Weise, wie die maßgebenden Größen gruppiert werden. Unsere Arbeit ist sozusagen in der Not entstanden. Ich mußte im Kolleg die Stabilitätsfrage behandeln, ohne daß ich mich früher eingehender damit beschäftigt habe, und nach einigen mißlungenen Versuchen, mich durch die einschlägige Literatur rasch durchzufressen, fand ich es ökonomischer, die ganze Rechnung nochmals selbst aufzubauen. Später fand ich zwar, daß sozusagen unsere sämtlichen Resultate bei unseren Vorgängern aufzufinden sind, unsere Arbeit sollte aber ein Versuch sein, die Nachfolger in die Lage zu setzen, rascher und mit geringerer Mühe über die Frage sich orientieren zu können. Ist dies nicht erreicht, so ist der Vorwurf der Undankbarkeit gegen unsere Vorgänger, den Herr Reißner auf unsere Köpfe schleudert, wirklich verdient; denn alsdann ist die Arbeit nichts anderes als eine Wiederholung älterer Arbeiten. Ist aber das Ziel nur halbwegs erreicht, so finde ich den Vorwurf ungerecht, weil wir ausdrücklich betont haben, nur in der Darstellung Neues bieten zu wollen. Auch enthält die Arbeit keine Quellenangabe, die Namen Runge und Knoller sind gerade herausgegriffen als Beispiele der Theorien, die gerade in dem Vereinsorgan veröffentlicht worden sind.

Was nun die sachlichen Bemerkungen anbelangt, so stimme ich Herrn Prandtls Anregungen über die Richtlinien einer Fortsetzung der die Stabilität betreffenden Forschungsarbeit vollkommen bei. Man fühlt bei jedem Schritt, wenn man mit der Sache sich theoretisch befaßt, wie wenig noch in dieser Hinsicht experimentell geleistet worden ist. Die angeregten theoretischen Aufgaben lassen sich für Einzelfälle wahrscheinlich durchführen.

Herrn Reißners Feststellung betr. die Modifikation der Frequenzdeterminante durch Neigung der Flugbahn ist vollkommen richtig und von uns bei Anfertigung

der Fig. 7 berücksichtigt worden. Durch die Neigung wird wesentlich die Größe b beeinflußt, und so ist die Variation der Flugbahn im wesentlichen identisch mit Variation der Größe b. Den Vergleich mit den anderen Autoren kann ich momentan mangels literarischer Hilfsquellen nicht durchführen. Sonst gebe ich Herrn Reißner recht, daß der Einfluß der Neigung der Flugbahn vielleicht geringer ist als der entgegengesetzte Einfluß des veränderten Anstellwinkels, der eine Vergrößerung bzw. Verkleinerung der metazentrischen Höhe zur Folge hat. Man sieht dies sehr klar an den Messungen Eiffels am Nieuportflügel. Es wäre interessant, der Sache rechnerisch nachzugehen.

Die Daten über die Flugzeuge von Harlan und Dorner rühren von Herrn Betz her, der diese für Herrn Runge berechnet hat. Wie er die einzelnen Größen ermittelt hat, kann ich nicht erfahren, da Herr Betz im Felde steht. Für den Balsan-Eindecker ist Eiffel als Quelle zu nennen, für Blériot ist Eiffel mit Angaben von Herrn Skutsche (Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschifffahrt, 1913) kombiniert worden. Daß das zusammenlegbare Artillerieflugzeug von Blériot tatsächlich als Beispiel zur unausreichenden Dämpfungsflosse erwähnt werden kann, beweist doch, daß das normale Flugzeug bei gleicher Tragfläche eine um 70% größere Schwanzfläche besitzt.

Das Indizieren von Flugmotoren.

Von

Geh. Hofrat Professor Scheit-Dresden.

Die Frage der Bedeutung des Indikators für Flugmotoren ist schon häufig erörtert worden, insbesondere hat sich der eingesetzte Unterausschuß mit dieser Frage beschäftigt, und zwar mit dem Ergebnis, daß z. Z. ein brauchbarer Indikator für schnellaufende Explosionsmotoren noch nicht vorhanden sei.

Federindikatoren und optische Indikatoren sind auf die Verwendung an Maschinen mit niederer und mittlerer Drehzahl beschränkt. Hierbei lassen sich alle Fehlerquellen ausreichend beherrschen, so daß der Indikator die Arbeitsvorgänge und Arbeitsphasen zuverlässig darstellt und somit auch die Leistung der Maschine.

Gerade für letzteren Zweck wird er um so schätzbarer, je größer die Leistung der Maschine ist, weil mit Zunahme der Leistung die Schwierigkeit, diese durch Bremsversuche festzustellen, sehr erheblich wächst.

So ist der Indikator bei der Dampfmaschine, bei der Gasmaschine und auch bei anderen Verbrennungsmotoren, bei welchen der Zündvorgang mehr oder minder allmählich verläuft, mit Vorteil zu benutzen, während seine Verwendung beim Explosionsmotor dadurch beeinträchtigt wird, daß der Explosionsvorgang so rasch einsetzt, daß der Indikatorkolben oder die Membrane anfänglich nicht schnell genug folgen kann, dann aber über das Ziel hinausschießt und anschließend Eigenschwingungen ausführt, so daß ein Gleichgang mit den im raschen Weschsel sich vollziehenden Druckänderungen im Arbeitszylinder nicht stattfindet. Die Anzeigen des Indikators werden ferner durch die Art und den Umfang der Zündwelle beeinflußt, so daß auch abhängig von der jeweiligen Stelle, an welcher der Indikator angebracht ist, mehr oder minder abweichende Ergebnisse erzielt werden. Dies wird um so mehr der Fall sein, je größer die Drehzahl des Motors ist, auch wird das jeweilige Volumen der Arbeitszylinder hierbei eine Rolle spielen, und schließlich zeigt sich auch, daß die aufeinanderfolgenden Arbeitsvorgänge häufig sehr erhebliche Abweichungen zeigen.

Hiernach ist festzustellen, daß die bekannten Indikatoren für den schnelllaufenden Explosionsmotor ausreichend zuverlässige Meßvorrichtungen nicht darstellen.

Soweit die Feststellung der Leistung Endzweck ist, ist dies zwar zu verschmerzen, denn im Gegensatz zu den langsamlaufenden Motoren gestaltet sich gerade beim Schnelläufer die Ermittlung des Drehmomentes überaus einfach, insbesondere unter Benutzung des Pendelrahmens mit Windflügelbremse oder beim Flugzeugmotor auch unter Benutzung der Luftschraube als Bremse. Anders liegen aber

die Verhältnisse hinsichtlich der erwünschten Kontrolle des Arbeitsvorganges im Arbeitszylinder.

Zwar lassen sich diese Vorgänge ohne Indikator mittelbar in der Richtung beurteilen, ob irgendwelche Veränderungen an der Zündung, an der Zusammensetzung des Gemisches die Leistung erhöhen und den Brennstoffverbrauch vermindern, ob ein Vergaser usw. vorteilhaft arbeitet oder nicht. Weiter hat man insbesondere den Schnelläufer auf hohe spezifische Leistung bei sparsamem Benzinverbrauch zu bringen verstanden, und es steht zu erwarten, daß auf dem bisher beschrittenen Wege der mittelbaren Beobachtung auch noch weitere Fortschritte erzielt werden, doch darf als feststehend gelten, daß, sofern es gelingen würde, brauchbare Indikatoren zu schaffen, die einen unmittelbaren und zuverlässigen Einblick in die Arbeitsvorgänge ermöglichen würden, das gesteckte Ziel in kürzester Zeit erreicht werden könnte.

Hiernach glaube ich nur dringend raten zu sollen, den Indikator für den Schnellläufer nicht als abgetan zu betrachten, sondern der Entwicklung des Indikators besondere Aufmerksamkeit zu schenken; denn gelingt es, einen Indikator zu schaffen, der an sich zuverlässig arbeitet, so steht zu erwarten, daß auch die Ursachen der Unregelmäßigkeiten des Arbeitsvorganges im Zylinder ermittelt und Wege gefunden werden, diese zu beseitigen, d. h. den Motor auf die höchste Stufe der Entwicklung zu bringen.

Das Indizieren von Flugmotoren.

Ergänzungsreferat

von

Dr.-Ing. O. Mader-Aachen.

Die Ansichten über Nutzen wie Möglichkeit des Indizierens schnellaufender Motoren, insbesondere von Flugzeugmotoren, sind geteilt, großenteils sehr skeptisch. An Hand einiger Beispiele soll im folgenden einiges Material, selbstverständlich in keiner Weise erschöpfend, zur Beurteilung dieser beiden Punkte gebracht werden.

Der Ingenieur ist im allgemeinen für den Gesamteffekt seiner von den verschiedensten Einflüssen abhängigen Arbeiten verantwortlich, will er aber vorhandene Fehler erkennen und Verbesserungen erzielen, so darf er sich nicht mit der Kenntnis des Integraleffektes begnügen, sondern muß zur qualitativen, wenn möglich zur quantitativen Untersuchung der Einzelwirkungen, des Differentialeffektes übergehen. Als ein Mittel dazu ist das Druck-Volumendiagramm vor allem anzusehen. Es ist also nicht ein Ersatz der Bestimmung der effektiven Gesamtleistung, sondern vor allem ein Mittel zur Unterteilung der verschiedenen Energieumwandlungen und sonstigen Vorgänge in den periodisch arbeitenden Motoren, und zwar ein Mittel, das möglichst frei von Beobachtung und Erfahrung des einzelnen ist.

So läßt sich mit dem Diagramm der aus zugeführter Brennnstoffenergie und abgeführter effektiver Leistung bestimmte Gesamtwirkungsgrad durch Bestimmung der indizierten Leistung trennen in den Wirkungsgrad η_{th} der thermischen Vorgänge und den mechanischen Wirkungsgrad η_{mech}, der die Getriebeverluste angibt. Dies ist deshalb wichtig, weil die Konstruktionsgrundlagen beider Dinge fast unabhängig voneinander sind.

Es geben z. B. die Daten und die mit einem „Mikro-Indikator" genommenen Diagramme von bei 1000 und 1500 Umdr. i. d. Min. und bei verschiedenen Zündungseinstellungen durchgeführten Versuchen an einem Benzinmotor $\eta_{th} \approx 21$—28%, $\eta_{mech} \approx 70$—73%. Letzterer Wirkungsgrad ist nahezu unabhängig von der Tourenzahl. Der maximale Explosionsdruck sinkt sehr schnell bei Verstellung der Zündung, der mittlere Druck weniger.

$$
\begin{aligned}
(p_{max} &= 26 - 21 - 12{,}5 \text{ at},\\
p_m &= 6{,}9 - 7{,}1 - 6{,}2 \text{ at bei } n = 1000\\
p_m &= 6{,}7 - 6{,}9 - 5{,}0 \text{ at bei } n = 1500).
\end{aligned}
$$

Bisher war nur der Summenwert p_m des Diagramms benutzt. Dieses dient aber auch zur Auflösung des ganzen Arbeitsvorganges in seine einzelnen Phasen. Nach einem von Prof. Junkers, Aachen angegebenen Verfahren läßt sich die

innere Energie eines Gases mit für technische Anwendungen genügender Genauigkeit, ohne Umrechnung auf die Temperatur, sofort aus dem Produkt von Druck und Volumen der arbeitenden Gasmenge entnehmen. Die Zuführung einer bestimmten Menge Wärmeenergie muß bei vollkommener Verbrennung und konstantem Volumen stets eine bestimmte Druckzunahme bewirken, d. h. der Äquivalentfaktor zwischen Wärme- und innerer Energie (pv) schwankt nicht so sehr, daß er nicht bei technischen Messungen als konstant angenommen werden könnte. Die Vermehrung der inneren Energie wird dann bei der Expansion teilweise in äußere Arbeit umgesetzt, wobei — verlustlose, adiabatische Expansion vorausgesetzt — ein ebenfalls angenähert konstanter Äquivalentfaktor $\left[\frac{1}{\varkappa - 1}\right]$ zwischen der aufgewendeten inneren Energie ($p_1 v_1 - p_2 v_2$) und der geleisteten äußeren Arbeit $\left(\int_{p_1}^{p_2} p\, dv\right)$ besteht. Auf dieser Grundlage läßt sich aus einem gegebenen Diagramm sehr rasch beurteilen, mit welchem Gütegrad die Verbrennung, d. h. die Umsetzung der Brennstoffenergie in innere Energie, und weiter die Umsetzung der inneren Energie in äußere Arbeit während der Expansion erfolgt. Unvollkommene Verbrennung oder Nachbrennen, starke Wärmeabführung während der Explosion, Kolbenundichtheit, vor allem aber falsche Vergasereinstellung können so erkannt und eventuell beseitigt werden. Es läßt sich damit auch eine angenäherte Wärmebilanz für jeden Augenblick des ganzen Prozesses aufstellen.

Die Verwendung des Diagramms bei Mehrzylindermotoren ist bisher wohl das einzige Mittel, eine quantitative Einsicht in die Verteilung der Arbeit auf die einzelnen Zylinder zu erhalten, und ermöglicht dadurch, jeden Zylinder auf Höchstleistung zu bringen. Bekanntlich ist diese sehr beeinflußt von bisher noch wenig untersuchten Drosselungs- und Schwingungserscheinungen im Vergaserrohr. Wie einige vorgeführte „Mikrodiagramme" eines mit Gemischdrosselung arbeitenden Benzinmotors zeigen, sinkt mit wachsender Drosselung Kompressionsendspannung, Höchstdruck, mittlerer Druck, vor allem aber mit der verringerten Dichte die Verbrennungszeit, obwohl natürlich die Temperaturen des Kreisprozesses wenig geändert sind.

Kurz angedeutet seien noch einige andere Verwendungsmöglichkeiten des Diagramms: Bestimmung von Kompressionsdruck, Auspuffdruck, des Exponenten der Expansion, von Auspuff- und Saugwiderständen, von Schwingungen, z. B. in der Auspuffleitung, richtige Bemessung und Einstellung der Ventile, Einstellung und Wirkung der Zündung.

Scheint ein Nutzen der Indizierung auf jeden Fall vorhanden zu sein, sofern diese mit nicht zu großen Mühen und Aufwendungen verbunden und genügend zuverlässig ist, so bestehen über die Möglichkeit der Indizierung noch manche Zweifel. Die normalen Verfahren dazu genügen allerdings nicht mehr, sondern müssen dem Sonderzweck entsprechend umgestaltet werden, was wohl auf verschiedenen Wegen möglich wäre. Zwei von dem Vortragenden versuchte Verfahren sollen kurz erklärt werden.

Zuerst eine Fortentwicklung des üblichen Indikatorprinzips zum „Mikro-Indikator". Um die Massenwirkungen, die bei der Aufzeichnung schnell sich

ändernder Drücke sehr störend sich bemerkbar machen, zu verringern, wurde der Hub des Kolbens sehr klein gewählt (max 2 mm) und ohne jedes vergrößernde Schreibzeug durch einen scharf geschliffenen, federnd gelagerten Stahlstift auf eine schwach berußte Glasplatte aufgeschrieben. Die Volumenaufzeichnung erfolgt nicht, wie sonst üblich, durch die Drehung einer schweren Trommel mit Schnurantrieb, sondern durch Querbewegung des Schreibstiftes, eingeleitet durch einen starren Antriebsmechanismus. Zur Diagrammaufnahme wird durch eine Kurbeldrehung die berußte Glasplatte an den Schreibstift angedrückt und sofort wieder zurückgezogen. Dann wird die Glasplatte etwas verschoben, und ein neues Diagramm kann geschrieben werden. So ist es möglich, in ganz kurzer Zeit 24 Diagramme auf eine Glasplatte aufzuzeichnen. Da die Diagramme für das unbewaffnete Auge zu klein sind, werden sie unter dem Mikroskop betrachtet und mit einem Zeichenokular nachgezeichnet. Die Verwendung des Mikroskopes, die manchem auf den ersten Blick als für die Praxis ungeeignet erscheint, hat sich, wo sie versucht worden ist, als gar nicht so schwierig und auch für manche andere Zwecke geeignet erwiesen, wenn einmal ein gewisses Vorurteil überwunden ist.

Ermöglicht die Fortentwicklung des normalen Indikators zum Mikroindikator die Aufnahme vollständiger Diagramme bis etwa 2000 Umdr. i. d. Min., so ist das zweite zu beschreibende, von dem üblichen Indikator prinzipiell verschiedene, Verfahren für jede, auch die höchste Tourenzahl gleich gut brauchbar. Es beschränkt sich zwar auf die Bestimmung des mittleren Druckes, zeigt diesen und seine zeitlichen Schwankungen aber sofort, ohne jede Rechnung oder Bedienung des Instrumentes an und gestaltet die Anwendung einer Fernablese — wie einer Registriereinrichtung. Der Grundgedanke dieses „Drehkraftmessers" ist vielleicht am einfachsten aus folgender Überlegung zu verstehen:

Das Schwungrad einer Maschine wird sich unter dem Einflusse der wechselnden Drehkraft bald rascher, bald langsamer drehen, d. h. es pendelt um eine der mittleren konstanten Drehgeschwindigkeit entsprechende Mittellage. Wenn nur der Unterschied der augenblicklichen Drehkraft gegenüber der mittleren Drehkraft, die proportional dem mittleren Druck ist, auf das Schwungrad wirken würde, so würde es sich nicht dauernd drehen, sondern nur um eine Mittellage pendeln. Dieser Zustand wird in dem neuen „Drehkraftmesser" nachgebildet, indem auf eine leicht drehbar gelagerte Masse erstens ein Indikatorkolben so wirkt, daß sein Druck ein dem augenblicklichen Drehmoment in der Maschine proportionales Drehmoment hervorruft und zweitens eine konstante Gegenkraft, erzeugt durch einen Druckluftkolben, das mittlere Drehmoment des Indikatorkolbens ausgleicht. Dadurch schwingt die Masse um eine Mittellage. Der Hebelarm der Kraft des Indikatorkolbens wird durch einen synchron mit der Maschinenwelle laufenden Mechanismus so geändert, daß er stets proportional der augenblicklichen Geschwindigkeit des Maschinenkolbens bleibt, der Bedingung für die richtige Nachbildung des augenblicklichen Drehmoments. Der Druck unter dem Gegenkraftkolben ist direkt ein Maß für den „mittleren" Druck p_m in der Maschine.

Ist dieser Druck unter dem Kolben zu klein bzw. zu groß, so erfährt die Masse neben der pendelnden auch eine fortschreitende Bewegung, und diese wird zur selbsttätigen Regelung der „Gegenkraft" benutzt. Dazu ist der Druckluftkolben zugleich

als Steuerschieber ausgebildet, der bald frische Druckluft unter den Kolben treten, bald den Überschuß an Druckluft entweichen läßt.

Die Messung des Luftdruckes kann durch irgendein Manometer erfolgen, das nicht nur an der Maschine selbst, sondern an beliebiger Stelle, z. B. am Führerstand, angebracht werden kann, so daß dauernde Beobachtung des Arbeitens aller Zylinder während der Fahrt, auch bei unzugänglichem Motor, möglich ist.

Nach diesem, erst vor ganz kurzer Zeit gefundenem Prinzip, wurde vorerst ein Versuchsinstrument gebaut, welches die Möglichkeit eines richtigen stabilen Arbeitens bereits gezeigt hat. An exakteren Versuchsausführungen soll dann noch die erreichbare Genauigkeit geprüft werden.

Wenn es erst allgemeiner bekannt wird, daß es möglich ist, auf verschiedene Art, vielleicht auch auf andere als eben beschrieben, in einfacher Weise, wenn auch nicht genau in der bisher gewohnten, genügend zuverlässige Diagramme aufzunehmen oder wenigstens einen Anhalt über die indizierte Leistung eines Motors zu erhalten, so wird unter Überwindung einiger gegenwärtig noch herrschender Bedenken die Überzeugung von dem großen Nutzen des Diagramms auch bei Schnelläufern immer mehr Raum gewinnen.

Diskussion[1].

Vorsitzender Prof. Dr. **Prandtl:**

Ich eröffne die Diskussion über diese Referate. Ich möchte allerdings noch darauf hinweisen, daß uns noch ein interessanter Vortrag von Herrn Bader bevorsteht. Herr Bader möchte nachher draußen eine Demonstration damit verknüpfen. Es ist deshalb zu wünschen, daß sich die Diskussionsredner kurz fassen. Vielleicht ist es mir gestattet, selbst gleich eine kurze Bemerkung zu machen.

Das eine Verfahren von Herrn Dr. Bergmann ist im wesentlichen so, daß eine Scheibe mit einer kleinen Öffnung O_1, vgl. Fig. 1, synchron mit dem zu untersuchenden Vorgang gedreht wird, die den Druck in einer ganz bestimmten Stellung in eine Öffnung O_2 hereinläßt, die zum Manometer führt. Zu den übrigen Zeiten ist das Manometer verschlossen. Indem man die Anschlußöffnung O_2 herumführt, kann man nach einander die einzelnen Punkte des Druckverlaufes abtasten; Herr Bergmann erhielt so sehr schöne Aufschlüsse über den Verlauf des Druckes in Vergaserdüsen. Dieses Analogon zu der bekannten Joubertschen Scheibe, die in der Elektrotechnik viel verwandt wird, ist also ein Mittel, mit dem sich sehr subtile Messungen machen lassen.

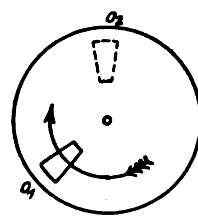


Fig. 1.

---

[1]) Das Referat des Herrn Dr. Bergmann konnte leider nicht veröffentlicht werden, weil der Referent wegen übergroßer Beschäftigung das Manuskript nicht einzuliefern in der Lage war. Soweit ohne Referat verständlich, sind die Diskussionsbemerkungen jedoch mit angeführt. Die Schriftleitung.

Major von **Parseval**:

Ich habe ähnliche Versuche gemacht mit sehr niederen Diagrammen auf Glasplatten wie Herr Dr. Mader und habe recht gute Resultate bekommen. Der Unterschied war der, daß ich eine sehr große Masse hatte und einen sehr kleinen Ausschlag der Feder. Diese Methode, die Herr Mader anwendet, gibt, soviel ich sehe, ganz gute Resultate. Man kann direkt umrechnen. Wenn man von 200 auf 1200 Touren übergeht, so muß die Dauer der Eigenschwingungen des Indikators im gleichen Verhältnis wie die Dauer der Umdrehung abnehmen. Es muß also der Quotient aus der bewegten Masse von Kolben, Schreibhebel usw. und der Federkonstante k dem Quadrat der Schwingungsdauer proportional gemacht werden. Der Gang der Feder, d. i. die Diagrammhöhe, muß daher umgekehrt proportional sein dem Quadrat der Tourenzahl.

Prof. Dr. **Baumann**:

Ich wollte zu dem, was Herr Mader ausführte, sagen, daß ich einen Herrn kenne, der einen solchen Indikator mit Kugeln ausführte. Trotz zahlreicher langwieriger Versuche hat er es wieder aufgeben müssen, weil er die praktischen Schwierigkeiten nicht beherrschen konnte. Ich habe mich damals — es ist schon ein Jahr her — öfter mit ihm darüber unterhalten. Die Einzelheiten sind mir nicht mehr geläufig, aber ich weiß, daß er über ein Jahr lang daran experimentierte, ohne daß er zu einem Resultate gekommen wäre.

Was die verschiedenen Verfahren der Indizierung anlangt, so glaube ich, daß je nach den Verhältnissen das eine oder andere Verfahren am Platze ist. Am meisten Verwendungsmöglichkeit hat sicher der Madersche Indikator, insofern er einen Einblick in den Gang der Maschine in verschiedener Hinsicht gewährt und Schlüsse daraus ziehen läßt.

Prof. **Junkers**:

Der Wert eines Instrumentes richtet sich nicht nur nach der Genauigkeit, sondern auch in hohem Maße nach der Einfachheit. Der Vorschlag von Bergmann hat den Vorzug einer sehr weitgehenden Einfachheit. Wenn man ein Instrument richtig benutzen will, muß man vor allen Dingen seine Eigenheiten kennen, und da möchte ich mich dem anschließen, was der Herr Vorsitzende schon geäußert hat. Es ist vor allen Dingen, wenn ich es kurz sagen soll, der Weg des Maschinenkolbens und der Druck ersetzt durch die Zeit und die Strömungsgeschwindigkeit. Die Strömungsgeschwindigkeit ist aber nicht proportional dem Überdruck, sondern der Wurzel aus dem Überdruck. Das sind prinzipielle Fehler, die es wohl ganz ausschließen, daß ein bestimmter feststehender Faktor die Fehler ausgleicht. Wenn, wie das in sämtlichen gezeigten Diagrammen der Fall war, der Druckverlauf in zwei Diagrammen nicht der gleiche ist, so ist es ganz aussichtslos, nach dieser Methode einen Druck herzustellen, der im richtigen Verhältnis zum indizierten Druck steht. Es ist ganz richtig, es braucht nicht der Druck der gleiche zu sein, aber es besteht keine bestimmte Funktion zwischen dem manometrischen Druck und dem indizierten Druck.

Auf eine Anfrage, ob es einen Indikator für die Indizierung von Umlaufmotoren gibt, erwidert

Prof. Dr. **Bendemann:**

Die Frage läßt sich sogleich beantworten. Der gewöhnliche Indikator, auch derjenige von Mader, läßt sich bei Umlaufmotoren schlechterdings nicht anwenden. Möglicherweise kann aber das Verfahren der Joubertschen Scheibe gerade beim Rotationsmotor unter Umständen zum Ziele führen. Grundsätzlich steht wenigstens nichts im Wege. Die Ausführung wird allerdings einige Schwierigkeiten bieten.

Über Flugmotorenuntersuchungen.

Von

Dr.-Ing. Walther Freiherr von Doblhoff.

Die der Untersuchung von Flugmotoren eigentümlichen Schwierigkeiten liegen ausschließlich in der Messung des Drehmomentes. Alles andere ist ebenso wie bei anderen schnellaufenden Maschinen mit innerer Verbrennung: wirklich brauchbare Indikatordiagramme sind nicht zu erreichen, eine genaue Bestimmung der indizierten Leistung und somit auch des Eigenverbrauches der Maschine ist nicht möglich, hingegen können äußere Energiebilanzen ebenso aufgestellt werden wie bei anderen Verbrennungsmotoren, denn die Bestimmung der dazu nötigen Werte ist möglich (zugeführte chemische Energie im Brennstoff, abgeführte Wärme im Kühlwasser und Auspuff, geleistete Arbeit; der Rest ist durch Wärmeleitung und -strahlung an die Umgebung abgegeben worden). Die Untersuchungen werden im allgemeinen nicht so eingehend durchgeführt; meistens begnügt man sich mit der Messung der Brennstoffmenge und der geleisteten Arbeit (Drehmoment und Umdrehungszahl); aber prinzipielle Schwierigkeiten bestehen für die oben angegebenen feineren Untersuchungen nicht — außer der, daß man eine Absaugung für den Auspuff würde anbringen müssen, um dem Einflusse des unvermeidlichen Durchströmwiderstandes des Abgaskalorimeters auf den Gang des Motors zu begegnen. Diese Schwierigkeit ist hier neu, weil Flugmotoren im Betriebe mit ganz freien Auspufföffnungen zu arbeiten pflegen.

Ich will mich auf den Hauptpunkt beschränken, auf die Messung des Drehmomentes. Bekannt sind dafür zwei Methoden: Messung an der Welle oder am Gestell der Maschine. Zu ersterer gehört die Bremsung mit Momentmessung an der Bremse selbst, ferner die Messung mittels eines zwischen Motor und Verbraucher eingeschalteten Wellendynamometers; zu der anderen die in letzter Zeit, speziell für Fahrzeugmotoren, sehr in Aufnahme gekommene Messung mittels Pendelrahmens. Zu diesen kommt dann noch die im weiteren zu besprechende kombinierte Methode, die von Professor Knoller und mir gemeinsam entwickelt wurde; sie ist auf an sich bekannte Verfahren aufgebaut unter Vermeidung der ihnen anhaftenden Nachteile. Insbesondere im Betrieb größerer Versuchsanstalten ermöglicht sie eine sehr präzise und schnelle Arbeit und erfüllt in möglichst hohem Grade die Forderung, daß Versuche an Maschinen unter denselben Verhältnissen durchgeführt werden sollen, unter denen sie in Wirklichkeit zu arbeiten haben.

Darauf ist nun hier ganz besonders zu achten, deshalb, weil scheinbar nebensächliche Umstände von ausschlaggebender Bedeutung für die Verwendbarkeit eines Motors werden können. Diese sind vor allem: die Art der Arbeitsabnahme

von der Motorwelle, die Art der Aufstellung und die Art, in der die Luft zum Motor zutritt.

1. Flugmotoren tragen in den meisten Fällen die Arbeitsmaschine, die sie antreiben, die Luftschraube, als wesentlichen Bestandteil ihrer selbst an sich, nämlich als Schwungmasse. Da das Trägheitsmoment und die Elastizität derselben von Einfluß auf den Gang der Maschine ist, so ist anzustreben, die Motoren auch beim Versuch mit der Schraube laufen zu lassen und nicht mit irgendeinem anderen Schwungrad (Bremsscheibe, Dynamoanker usw.).

2. Die Art der Aufstellung in Wirklichkeit, d. h. auf dem leichten Gestell des Flugzeuges, ist sehr verschieden von der, die bei Versuchen häufig angewendet wird, nämlich auf schweren Bänken oder auch auf den meist verhältnismäßig massiven Rahmen von Pendelständen. Der Einfluß der Art der Aufstellung besonders auf die Laufdauer ist ein sehr großer zugunsten leichter Gestelle, die ein freieres Ausschwingen des Motors unter dem Einflusse der Massenkräfte im Kurbeltrieb gestatten.

3. Flugmotoren sind dafür gebaut, ihre Volleistung nur herzugeben, wenn sie energisch von Luft umspült sind, so wie es eben der Fall ist, wenn sie unmittelbar eine Luftschraube antreiben. Ohne diese Umspülung wird der Motor nicht genügend gekühlt; sie muß ihm also auch beim Versuch verschafft werden; andererseits ist sie der Anlaß zu ungleichmäßiger Ausdehnung einzelner Teile (des ersten Zylinders von Reihenmotoren), die zu Brüchen führen können; auch das ist — und zwar erst recht — ein Grund, sie beim Versuch beizubehalten.

Alles dies spricht dafür, die Motoren nicht mit einer Bremsvorrichtung abzubremsen, sondern die Schraube als arbeitsaufnehmendes Organ beizubehalten. Damit entfällt jedoch die mittelbare Meßbarkeit des aufgenommenen Drehmomentes; Wellendynamometer sind meines Wissens für die hier herrschenden schwierigen Verhältnisse (große und schnelle Schwankung des Drehmomentes) nicht genügend ausprobiert, bedingen außerdem die Verwendung eines Schwungrades, weil die Schraube nur dann als Schwungrad genügt, wenn sie ohne Zwischenschaltung nachgiebiger Glieder mit der Motorwelle verbunden ist — ja sogar nur, wenn die Motorwelle kurz und drehungssteif ist.

Es liegt darum nahe, die Drehmomentmessung von der Welle weg zu verlegen. Die Möglichkeit dazu bietet die Messung am Gestell mittels Pendelrahmens, wobei das Drehmoment an der Welle durch eine Luftschraube aufgenommen wird. Hier sind prinzipiell die meisten Forderungen erfüllt, die nach dem Vorangehenden an einen Motorprüfstand zu stellen sind. Der Motor arbeitet unter seinen normalen Verhältnissen, was Arbeitsabnahme und Luftumspülung anbelangt; auch die Aufstellungsart kann der wirklichen sehr nahe gebracht werden durch einen leichten, elastisch aufgehängten Rahmen; dafür aber ergeben sich Schwierigkeiten, die den Wert der Anordnung sehr in Frage stellen. Abgesehen davon, daß die richtige Anordnung mit der Drehachse des Rahmens in Motorachse zu unangenehmen Konstruktionen führt (fliegende Aufstellung des ganzen Motors oder Zuhilfenahme einer Hilfswage, an der der eigentliche Pendelrahmen mittels seiner Parallelogrammführung angehängt ist), daß es ferner besonderer Vorsichtsmaßregeln bedarf, damit die Zuführung der

Betriebsstoffe die Wägung nicht stört, ist es vor allem sehr schwierig, eine Anzahl von Fehlergliedern auszuschalten, die am Gestell als Drehmoment mitgemessen werden, obwohl sie nicht als nutzbares Drehmoment an der Motorwelle abgegeben werden. Hierher gehören vor allem: das Reaktionsmoment des Auspuffes und das Drehmoment, das von dem Schraubenstrahl auf den Motor ausgeübt wird. Bei Umlaufmotoren kommt noch ein drittes Glied, das größer als die anderen ist, dazu, der Eigenwiderstand des Zylindersternes. Die Bestimmung der Größe dieser Fehlerglieder ist nur möglich, wenn eine Vorrichtung zur Messung des Drehmomentes an der Motorwelle verwendet wird; dadurch wird aber der Pendelrahmen eigentlich überflüssig.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen der Art der Arbeitsaufnahme durch eine Luftschraube (überhaupt durch Auslösung von Luftwiderständen) und der durch Reibungsbremsen besteht darin, daß im ersteren Falle das Drehmoment mit dem Quadrat der Geschwindigkeit (Drehzahl), die Leistung also mit deren dritter Potenz steigt; während im anderen Falle das Drehmoment praktisch konstant, die Leistung demnach der Drehzahl proportional ist. Dieser Umstand spricht zugunsten der Verwendung von Luftschrauben, weil sie durch diese ihnen eigentümliche energische Stabilisierung die Drehzahl sehr konstant halten. Dieser Zusammenhang zwischen Drehmoment und Drehzahl bei Luftschrauben hat aber auch zur Folge, daß für die sie antreibenden Motoren nur Leistungsbestimmungen an der oberen Grenze des Drehzahlbereiches von Interesse sind, weil dann bei niedrigeren das vom Motor lieferbare Drehmoment sicher größer ist als das, welches die Schraube aufnehmen kann.

Im Betrieb kommt eine Änderung des zum Antrieb der Schraube notwendigen Drehmomentes vor, die zwischen zwei Grenzen liegt: Lauf am Stand und Lauf bei der Höchstgeschwindigkeit des angetriebenen Luftfahrzeuges. Zwischen diesen zwei Grenzen ist die Untersuchung durchzuführen; außerhalb derselben ist sie nicht von Wert. Diese Änderung kann nun, wenn beim Versuch eine Schraube verwendet wird, ganz analog der Wirklichkeit dadurch eingeführt werden, daß man die Schraube in einem Luftstrom arbeiten läßt, dessen Geschwindigkeit zwischen Null und der höchsten Fluggeschwindigkeit veränderlich ist. Ist dieser Strom geordnet, das heißt, hat er an allen Punkten eines Querschnittes gleiche und gleichgerichtete Geschwindigkeit und ist er mindestens so groß wie der Zuströmquerschnitt der Schraube, dann sind die in Wirklichkeit herrschenden Verhältnisse so gut wie möglich nachgeahmt. Vorläufer einer solchen Anordnung sind bekannt: die Entlastung der bei Pendelrahmenprüfständen zur Leistungsaufnahme verwendeten Schrauben durch Anblasen mittels einer zweiten. Aber erst die Einführung des geordneten Stromes von genügender Größe bringt die Gruppe: Motor-Schraube in die Verhältnisse, wie sie in Wirklichkeit herrschen, und ermöglicht die Untersuchung des Zusammenhanges zwischen Motordrehzahl, Drehmoment und Fahrgeschwindigkeit.

Hiermit ist also das Wesentlichste festgelegt: Der Flugmotor ist beim Versuch mit der Schraube zu betreiben. Die Drehmomentmessung hat nicht am Gestell, sondern an der Motorwelle zu geschehen; da von Wellendynamometern abzusehen ist, bleibt nur übrig, sie in der Weise vorzunehmen,

daß man das von der Schraube aufgenommene Drehmoment durch einen Eichversuch ermittelt. Im weiteren wollen wir die Grundsätze aufsuchen, die für diese Eichung gültig sind.

Zunächst ist selbstverständlich: die Eichung hat bei denselben Drehzahlen der Schraube und Geschwindigkeiten des Luftstromes zu geschehen, die beim Motorversuch verwendet werden sollen. Ferner ist darauf zu achten, daß die Strömung der Luft in der Umgebung der Schraube bei der Eichung möglichst genau dieselbe sei wie beim Versuch.

Für den Antrieb bei der Eichung kann wohl nur ein Elektromotor in Betracht kommen. Die Bestimmung des Drehmomentes geschieht hier jedenfalls am einfachsten und genauesten durch Pendellagerung des Gehäuses. Die Einwände, die gegen die Pendelrahmenanordnung für die Untersuchung der Flugmotoren gemacht wurden, bestehen hier nicht. Durch eine feststehende Ummantelung kann das pendelnde Motorgehäuse dem Einflusse des rotierenden Schraubenstrahles entzogen werden; die Lagerung kann ohne Schwierigkeiten die Schraubenwelle umgreifen. Läßt man dem Gehäuse auch noch eine Längsverschieblichkeit, so ergibt sich die Möglichkeit, den Schraubenschub zu messen — es ist somit die Einrichtung für Schraubenuntersuchungen vollständig; die Versuche können für das ganze Gebiet vom Standlauf bis zum Fahrtlauf mit der Fahrgeschwindigkeit, die der erreichbaren Strahlgeschwindigkeit gleich ist, ausgeführt werden.

Umgleiche Strömungsverhältnisse beim Motorversuch und der Schraubeneichung zu erhalten, sei auf folgende Anordnung bingewiesen, die den Vorteil hat, möglichst der Wirklichkeit zu entsprechen.

Es stehen der Reihe nach hintereinander:

1. bei der Schraubeneichung: die Schraube, der Flugmotor oder eine Puppe desselben, der elektrische Eichmotor;

2. beim Motorversuch: dieselbe Schraube, der Flugmotor, der elektrische Eichmotor oder eine Puppe desselben.

Bei der Schraubeneichung treibt der Eichmotor mittels einer langen Welle die Schraube an durch den Flugmotor (dessen Kurbelwelle entfernt werden müßte) oder durch die Flugmotorpuppe hindurch. Letzteres ist das einfachere schon deshalb, weil höchstwahrscheinlich die Rückwirkung der Form des Flugmotors auf die Schraube sehr gering ist, daher nicht eine genaue Puppe für jeden Motor herzustellen wäre, sondern nur ungefähr für jede Type. Umlaufmotoren (bzw. deren Puppen) müssen bei der Eichung von einem anderen Motor mit der Umlaufzahl der Schraube bewegt werden.

Es erscheint zunächst näherliegend, den Elektromotor auf die dem Flugmotor entgegengesetzte Seite der Schraube zu legen. Dann könnte diese durch Umkuppeln abwechselnd von den beiden Motoren angetrieben werden. Wenn trotzdem die andere Anordnung angegeben wird, so geschieht es, weil sie Verhältnisse für die Luftströmung ergibt, die der Wirklichkeit sehr gut entsprechen, insbeondere, wenn man die beiden Motoren (bzw. deren Puppen) mit einer gemeinsamen Verkleidung in Form eines Flugzeugrumpfes umgibt. Dann können auch die Kühler wassergekühlter Motoren mit in Unter-

suchung gezogen werden, weil man für sie dieselben Belüftungsverhältnisse wie in Wirklichkeit geschaffen hat[1]).

Der Versuchsgang wäre der folgende: Zunächst wird die Schraube geeicht in der oben angegebenen Aufstellung, die dieselben Luftströmungsverhältnisse ergibt, wie der folgende Versuch am Flugmotor. Die für verschiedene Fluggeschwindigkeiten (Geschwindigkeiten des Luftstromes, in dem die Schraube arbeitet) sich ergebenden zusammengehörigen Werte für Drehzahl, Drehmoment und Schub (letzteres nicht unbedingt nötig) dienen als Grundlage für die folgende Untersuchung des Flugmotors, bei der außer den auf den Motorbetrieb bezüglichen Werten (Brennstoffmenge, Kühlwassertemperaturen usw.) nur mehr Drehzahlen abzulesen sind, und zwar wieder bei verschiedenen Einstellungen der „Fluggeschwindigkeit". In größeren Anstalten können natürlich Schrauben für verschiedene Drehmomente, die ein für allemal für die verschiedenen Motortypen geeicht sind, auf Lager gehalten werden. Dadurch wird die Vereinfachung des eigentlichen Flugmotorversuches noch wirksamer.

Zusammenfassend kann gesagt werden:

Flugmotoren sollen durch ihre Luftschrauben gebremst werden. Die Drehmomentbestimmung mittels Pendelrahmens hat konstruktive Schwierigkeiten und prinzipielle Mängel, die es wünschenswert erscheinen lassen, auch dazu noch die Schraube heranzuziehen; der Weg dazu in einer Weise, welche die weitestgehende Annäherung an die wirklichen Betriebsverhältnisse ermöglicht, wird kurz angegeben. Die besonderen Vorteile der geschilderten Anordnung sind: die Anbringung des Flugmotors geschieht auf einem fixen Gestell, dem leicht jeder gewünschte Grad von Elastizität gegeben werden kann und das ohne konstruktive Schwierigkeiten ein Neigen des Motors gestattet. Auch die Unannehmlichkeiten, die bei Pendelrahmen bezüglich der Zuführung der Betriebsstoffe bestehen, fallen naturgemäß weg; alle Leitungen können fest verlegt werden.

Die Messung des Drehmomentes kann sehr genau am Pendelgehäuse des Elektromotors vorgenommen werden und braucht nicht am Flugmotor selbst durchgeführt zu werden, wo infolge der unvermeidlichen Schwankungen sehr stabile oder stark gedämpfte Wagen verwendet werden müssen, die dadurch ungenauer anzeigen; gemessen wird wirklich das nutzbare Drehmoment an der Schraube.

Bei der vorgeschlagenen Art der Anordnung der beiden Motoren und deren eventueller Einkleidung sowie bei der Ausführung der Versuche in einem geordneten Luftstrome von genügender Größe sind die wirklichen Luftströmungsverhältnisse so gut wie möglich nachgeahmt, so daß deren Einfluß auf die Abkühlung des Motors, auf die Wirksamkeit des Kühlers, auf den Vergaser usw. tunlichst der gleiche ist. Die großen Kosten, welche die Beschaffung des Luftstromes bereitet, werden dadurch gerechtfertigt, daß für ihn außer der Schrauben- und Flugmotorenuntersuchung eine ganze Reihe von anderen Verwendungs-

[1]) Zu erwähnen wäre noch, daß die Anordnung „Schraube hinter dem Rumpf" wie auch „Schraube vor dem Rumpf" in der Versuchsanordnung nachgeahmt werden kann.

möglichkeiten vorhanden ist. Dahin gehören u. a. Versuche an großen Modellen von Tragflächen, Luftschiffen, Flugzeugen, die sehr wertvoll sind für die Extrapolation von an kleinen Modellen gewonnenen Versuchswerten auf die Naturgröße; dann Luftwiderstandsversuche an ganzen Flugzeugbestandteilen wie Fahrgestellen, Schwimmern usw. an den naturgroßen Objekten selbst; ferner Luftwiderstandsbestimmungen für ganze Automobile, die bisher in keiner Weise vorgenommen werden konnten.

Über Flugmotorenuntersuchungen.

Ergänzungsreferat

von

Dipl.-Ing. Seppeler, Leiter der Motorenabteilung Adlershof.

Untersuchungen an neuen Motoren, auch wenn sie bis auf die kleinsten Einzelheiten ausgedehnt werden, genügen noch keinesfalls zur Beurteilung ihrer Brauchbarkeit im Flugbetriebe. Entscheidend ist vielmehr ihr Verhalten bei Ermüdungs- und Alterserscheinungen, weil sich dieselben infolge der ständigen Höchstbelastung und des äußerst geringen Aufwandes an Baumaterialien verhältnismäßig früh zeigen, dann aber, weil eine Veränderung der Motorleistung sich im verstärkten Maße in den Flugeigenschaften der Flugzeuge wiederspiegelt.

Es liegt daran, daß die Flugzeug- wie Motoren-Fabrikanten gezwungen sind, ohne jede Kraftreserve zu arbeiten, daß heißt, die von der Motoranlage erzielbare Zugkraft bis aufs äußerste auszunutzen, und zwar weil heute aufgestellte Glanz- und Paradeleistungen morgen zu Normalleistungen gestempelt werden, die von den Käufern in den Abnahmebedingungen für Serienerzeugnisse vorgeschrieben werden. Sinkt nun nach einiger Betriebszeit die erreichbare Höchstleistung des Motors, so fällt gleichzeitig Steig- und Belastungsfähigkeit des Flugzeuges, es verliert an Eigengeschwindigkeit und damit an Lenkbarkeit, Unfälle beim Aufsteigen und Landen mehren sich.

Es ist deshalb zur Beurteilung der Motoren auf Brauchbarkeit im Flugbetriebe äußerst wichtig, festzustellen und zu prüfen: nach wieviel Stunden pflegt der Motor zu ermüden, welchen Aufwand an Ersatzteilen, an Arbeitszeit und Arbeiterintelligenz erfordert sein Auffrischen, wie groß ist der mit zunehmender Betriebszeit eintretende Leistungsabfall und dementsprechend seine voraussichtliche Lebensdauer?

Hierzu sind ausgedehnte Dauerversuche bei normalen oder, wenn man will, verschärften Betriebsverhältnissen unerläßlich.

Verschärfte Betriebsverhältnisse sind jedoch mit großer Vorsicht zu behandeln und nur dann am Platze, wenn die zu vergleichenden Motoren durch die Verschärfung in gleicher Weise beeinflußt werden, oder wenn es gilt, in relativ kurzer Zeit gewisse Schwächen des Motors festzustellen.

Im letzteren Sinne wurden sie in der Deutschen Versuchsanstalt mehrfach angewandt, es gelang so z. B. die schwachen Stellen eines Umlaufmotorengehäuses etwa nach 14 Betriebsstunden nachzuweisen, während sich später im Flugbetrieb ein diesbezüglicher Fehler erst nach mehr als der doppelten bis dreifachen Betriebszeit einzustellen pflegte.

Als verschärfte Betriebsverhältnisse können angesehen werden: stetige Höchstbelastung bei höchster Normaldrehzahl, verringerte Belüftung, unnachgiebige Aufstellung, beträchtliche Schräglage des Motors nach vorn, hinten, rechts oder links.

Wir kommen nun zur Frage: Wie man einen Flugmotor prüfen soll.

Hat man sich z. B. für die Prüfung unter angenäherten Betriebsverhältnissen entschlossen, so wird ein nachgiebiger Aufbau des Motors und ein Betrieb mit eigener Schraube unter allen Umständen erforderlich. Gut ist es, wenn der Bewerber seinen Motor schon unter denselben Aufstellungs- und Betriebsverhältnissen wie bei den späteren Prüfungen bei sich zu Hause erproben und einstellen kann. Es ist ferner darauf zu achten, daß der Aufbau die im Flugbetriebe möglichen Motorformen nicht behindert, und daß ein Anfügen der für sich betriebsfähigen Motoranlage an die Prüfvorrichtung möglich ist, da die Zahl der vorzunehmenden Prüfungen besonders bei Flugmotoren sehr groß ist und eine Bewältigung aller Messungen an einem Stande, insbesondere wenn die Zeit drängt, unratsam ist.

Die von Herrn Dr. von Doblhoff vorgeschlagene Drehmomentmessung mittels geeichter Schrauben, deren Drehmomentaufnahme durch Veränderung der Luftzufuhr in hinreichender Weise beeinflußt werden kann, wurde, wenn auch in etwas anderer Form, in der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt bisher vielfach benutzt.

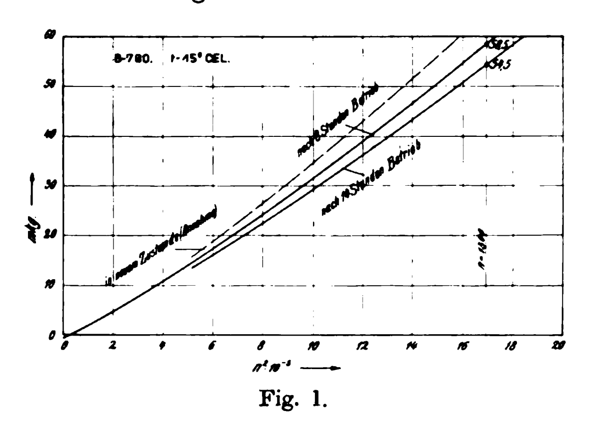


Fig. 1.

Es lassen sich dagegen 2 Einwände erheben.

1. Mit zunehmendem Betriebsalter und bei starken Witterungseinflüssen ändert sich manchmal die Drehmomentaufnahme der Schraube, so daß die bei der Eichung oder besser nach dem Motorversuche ermittelten Werte nicht für den ganzen Verlauf des Versuches dieselben bleiben, was sich besonders bei längeren Dauerversuchen sehr fühlbar macht.

Um diesem zu begegnen, müßte man besondere Bremsschrauben benutzen, die eine konstante Eichung verbürgen. Diese werden sehr schwer und geben keine dem Flugzeug entsprechende Luftbewegung, abgesehen von etwaiger zusätzlicher Beanspruchung der Motoren.

Fig. 1 (Veränderung der Drehmomentaufnahme bei zunehmender Betriebszeit) zeigt, in welchem Maße das Drehmoment einer mit einem Motor angelieferten normalen Schraube durch Ermüdungserscheinungen des Baumateriales sich verändern kann. Die gestrichelte Linie ist die angenommene Eichkurve für den neuen Propeller, die mittlere Linie wurde nach achtstündigem Betrieb, die untere nach weiteren 6 Betriebsstunden durch Eichung mittels elektrischer Leistungswage festgestellt. Für die minutliche Drehzahl 1300 ist innerhalb der ersten 6 Betriebsstunden das Drehmoment von 58,5 auf 54,5, also um fast 7 v. H. gesunken.

Daß auch die Witterungseinflüsse beträchtliche Veränderungen der Drehmomentaufnahme der Schraube herbeiführen können, wurde, wie in Fig. 2 ersichtlich, durch Aufmessung einer Schraube in neuem Zustande sowie nach erfolgter Befeuchtung und anschließender Lufttrocknung festgestellt. So hatten sich die Querschnitte einer Etaschraube, ein Fabrikat, dem ein große Standfestigkeit gegenüber den Witterungseinflüssen nachgesagt wird, bei dieser Behandlung durchweg um einen Grad verändert.

Der erwähnten Drehmomentmessung wird ferner vorgeworfen, daß der Gleichgang der Schraube ein anderer ist, je nachdem sie bei der Eichung von der elektrischen Leistungswage angetrieben wird oder vom Flugmotor.

Der Einfluß des Gleichganges der Schraube auf ihre Leistungsaufnahme und Zugkraftentwicklung wird von ersten Fachleuten sehr verschieden beurteilt und ist, obwohl Versuche in dieser Richtung von verschiedenen Stellen schon seit geraumer Zeit geplant und im Gange sind, nicht geklärt, da er zweifellos zwar gering, aber sehr verwickelter Natur ist.

Vierzylindermotoren haben bei Schraubenantrieb schon einen recht guten Gleichgang, wenn man ihn nach den schulmäßigen Begriffen aus dem Tangential-Druckdiagramm und dem Trägheitsmoment der umlaufenden Teile berechnet. Er ist in Wirklichkeit noch besser, weil der Motor im Flugzeuge infolge seines elastischen Aufbaues und der mit der dritten Potenz der Winkelgeschwindigkeitsänderung anwachsenden Leistungsaufnahme der Schraube beim Anschwellen der Drehkraft sich, wenn auch wenig, in entgegengesetzter Richtung wie die Schraube um die Schraubenachse dreht, um beim Absinken des Drehmomentes wieder in seine frühere Lage zurückzupendeln. Diese Motorschwingungen infolge des elastischen Aufbaues führen demnach einen von der Elastizität des Aufbaues und dem Trägheitsmoment der schwingenden Teile begrenzten Ausgleich der Geschwindigkeitsschwankungen der Schraube herbei.

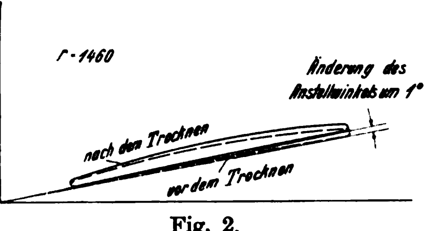
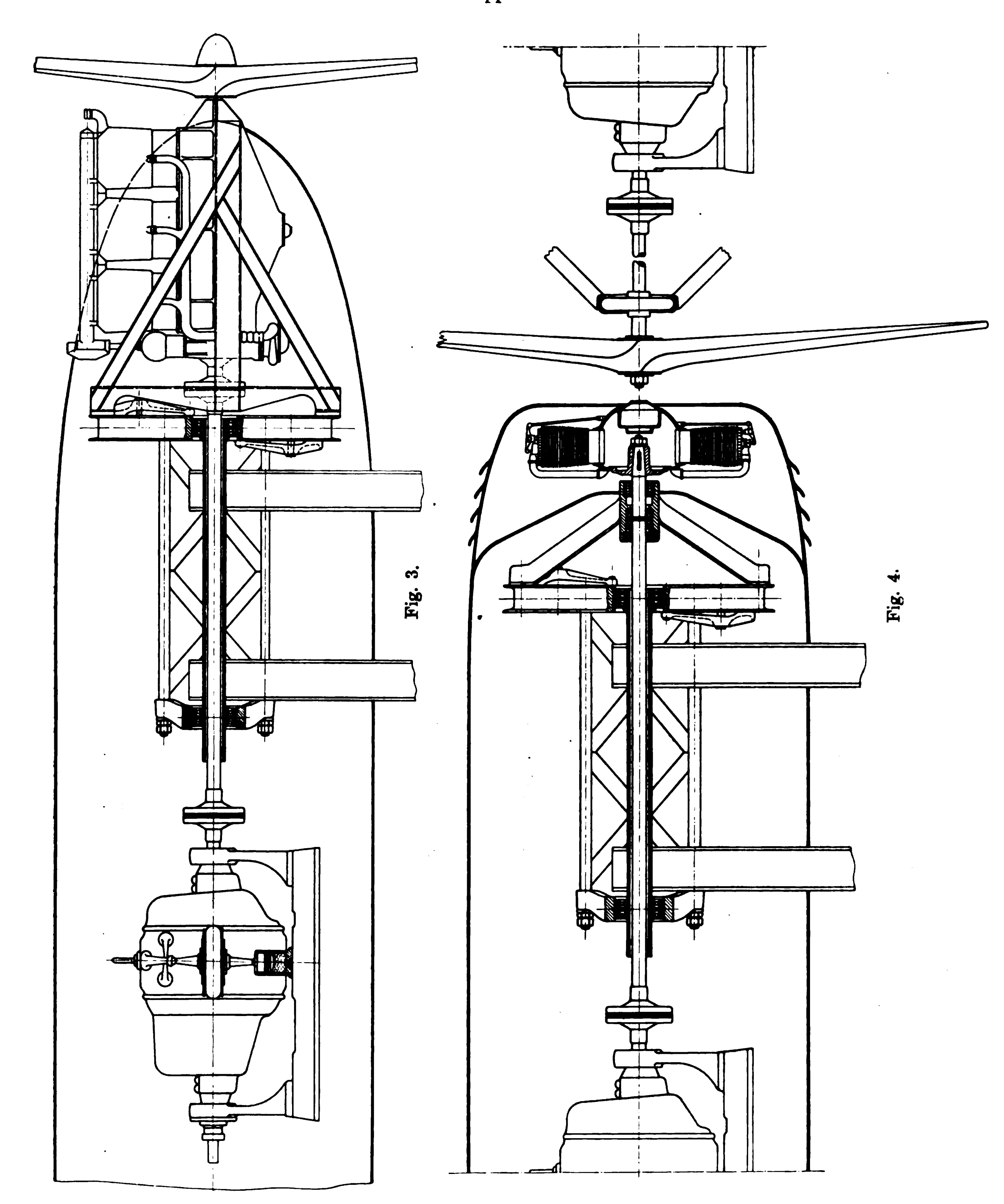


Fig. 2.

Wegen der nicht immer einwandfreien Eichbarkeit normaler, bei längeren Dauerversuchen und wechselnder Witterung benutzter Schrauben haben wir in der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt den Pendelrahmen zur Kontrolle der Schrauben beibehalten, ihn aber so ausgebildet, daß er zwecks Bestimmung der Eigenverluste und etwaiger Drehmoments- und Zugkraftkorrekturen sowohl durch den Pendelrahmen hindurch (Fig. 3) mit einer hinten liegenden Leistungswage gekuppelt, oder (Fig. 4) von vorn ebenfalls mittels einer Kuppelwelle an eine vorn liegende Leistungswage angeschlossen werden kann.

Der Pendelrahmen ist zwecks Messung des Schraubenzuges (Fig. 5) achsial verschiebbar durch Anordnung besonderer Kugellaufringsysteme, bei denen der Innen- wie Außenring zylindrisch ausgebildet sind, und die Kugel durch einen geeigneten Korb darin verhindert wird aus dem Bereich der Laufringe herauszutreten. Der ganze Pendelrahmen ist, samt dem vorderen Motorraume, dem dahinter liegenden Bedienungsstande und den etwa angebauten Leistungswagen durch eine Verkleidung


Fig. 3.
Fig. 4.

der Einwirkung des Schraubenstrahles entzogen, so daß die Drehmoments- und Zugkraftkorrekturen infolge der Schraubenstrahlrückwirkung entweder ganz fortfallen, oder auf ein Geringstmaß herabgedrückt werden. Diese Umkleidung vergrößert einmal die Meßgenauigkeit, weil der Einfluß unregelmäßiger Wirbel auf die Drehmomentsmeßvorrichtung vermieden wird, andererseits ist sie durchaus notwendig, weil sich, bei Änderung der Schrauben charakteristisch, während des Betriebes auch die Drehmoment- und Zugkraftkorrekturen verschieben und eine einwandfreie Kontrolle des Verhaltens der Schraube unmöglich machen, sobald diese Korrekturen mehr als einige Prozente ausmachen.

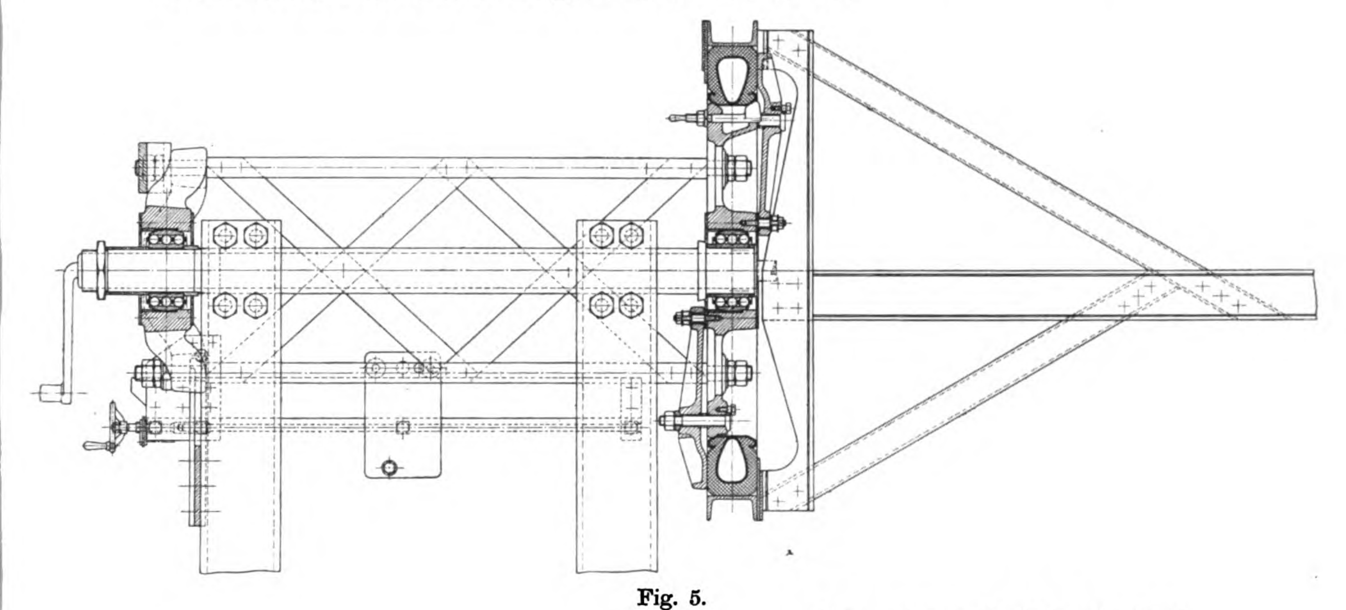


Fig. 5.

Fig. 6.

Der ganze Prüfstand liegt innerhalb eines Kanales von 3,5 m lichtem Durchmesser, in welchem mittels eines in der Luftbewegungsrichtung hinten angebrachten 250-PS-Drehstrommotors und vierflügeliger Ventilationsschraube ein der jeweils gewollten Fluggeschwindigkeit entsprechender Luftstrom erzeugt wird.

Durch zwei parallel zur Pendelrahmenachse angeordneten Laufgewichtswagen (Fig. 6) mit Zählerablesung am Stirnbrett lassen sich die mittleren Drehmomente messen, während die zeitlichen Schwankungen des Drehmomentes entsprechend den Kraftimpulsen der einzelnen Zylinder nach Zahl und annähernder Größenordnung

mit Hilfe der zwischen jeder Wage und Pendelrahmen eingeschalteten elastischen Stelze ermittelt und aufgezeichnet werden können (Fig. 7). Die elastische Nachgiebigkeit zwischen den oberen und unteren Teilen der Stelze wird durch einen zwischengelegten Luftreifen erzielt; die Längenveränderungen zwischen dem oberen und unteren Teil der Stelze zeichnet ein Zeiger oder ein Übersetzungshebel auf den mit großer Geschwindigkeit vorbeigeführten Papierstreifen auf. Diese Aufzeichnung (Fig. 8) stellt eine Art von Tangentialdruckdiagramm dar, dessen durch die elastischen und Trägheitseigenschaften des Pendelrahmens und des Motoraufbaues bedingte Auswertung sowohl einen Rückschluß auf den Gleichgang des Motors sowie eine Kontrolle der Drehmomentsmessung gestattet. Das angeführte Beispiel zeigt den Einfluß ungleich gerichteter Gaswege auf den Gleichgang des Motors. Die in Richtung der Gaszuleitung liegenden Zylinder 1 und 4 haben eine größere Leistung, während Zylinder 2 und 3, bei denen der Gasstrom einen Knick mehr macht, weniger arbeiten.

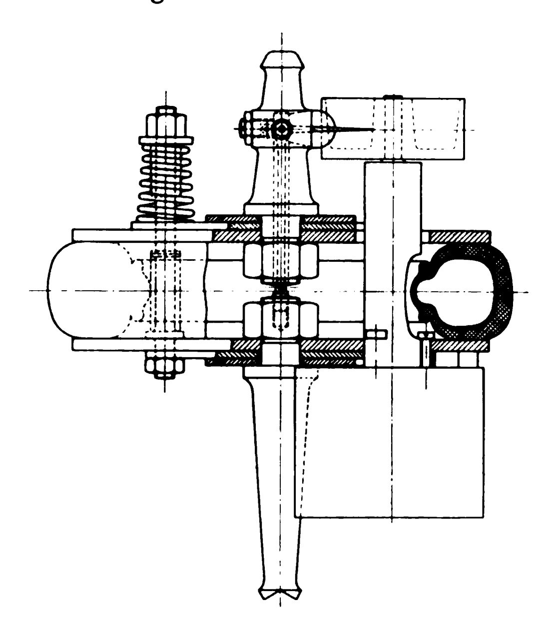
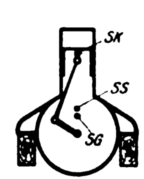


Fig. 7.

Eine besondere Eigentümlichkeit des Prüfstandes bildet die Art des elastischen Motoraufbaues. Die Notwendigkeit, Leichtmotoren bei der Prüfung und Einregelung ebenso nachgiebig wie beim späteren Betriebe aufzubauen, ist aus der Automobilindustrie bekannt und wird dort seit vielen Jahren beachtet, z. B. bei Loeb & Co. Berlin-Charlottenburg und Protoswerke, Berlin-Siemensstadt; auch wurde sie bereits bei den vorjährigen französischen Wettbewerben und ferner auf den Prüfständen des Herrn Geheimrat Riedler-Charlottenburg benutzt. Neu ist nur die vorliegende Lösung und die damit erzielbare Erschütterungsdämpfung, welche sich wahrscheinlich auch auf Flugzeuge übertragen läßt und eine erneute Verwendung von 4-Zylindermotoren ermöglichen, die zwar leicht, sparsam und kurz, aber infolge ihrer unvermeidlichen Stöße bei Flugzeugführern und Flugzeugfabrikanten in gleichem Maße unbeliebt sind (Fig. 9). Es ist nämlich zwischen dem als starr anzusehenden Prüfstand und dem Motor samt seinem Aufbau ein gewöhnlicher Luftreifen eingefügt. Dieser wird von beiden Teilen umklammert, was infolge der einstellbaren Gegenhalter eine seitliche Beanspruchung der Reifenfelgen vermeidet



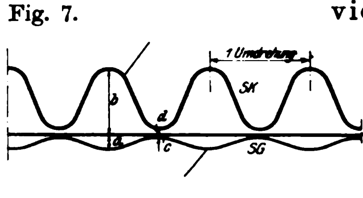


Fig. 8.

und den Motor nach allen Richtungen hin eine so große Bewegungsfreiheit gestattet, daß z. B. bei Standmotoren, bei plötzlicher Unregelmäßigkeit im Gange der Propeller vorn um mehrere Zentimeter seitlich ausschlagen kann, um bei ein-

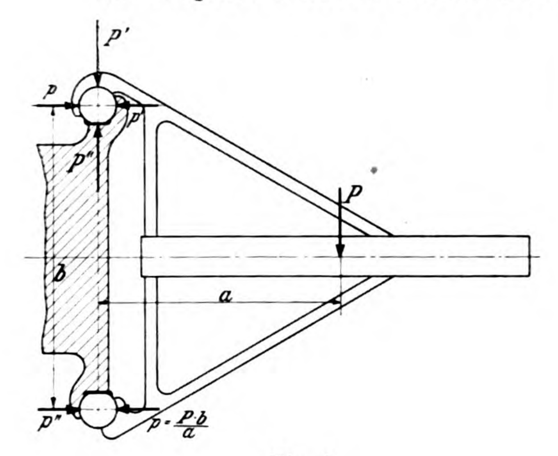


Fig. 9.

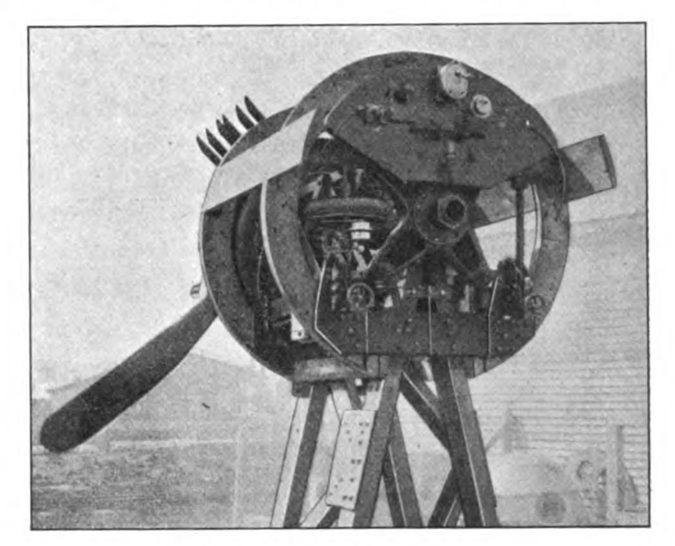


Fig. 10.

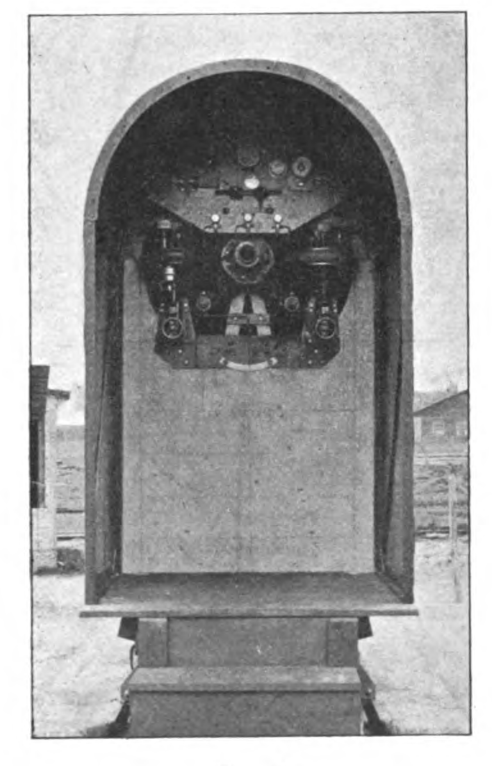


Fig. 11.

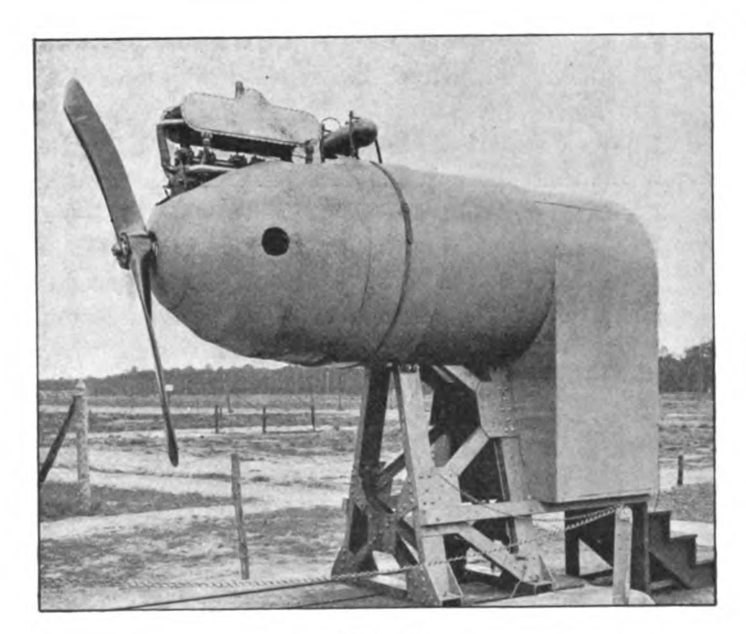


Fig. 12.

getretenem Gleichgange unmittelbar wieder in die Mittellage zurückzukehren und wie zentriert stehen zu bleiben. Durch die Höhe der Luftpressung und die vorzüglichen Dämpfungseigenschaften des Luftkissens lassen sich alle vorkommenden

Elastizitätsgrade des Motoraufbaues beherrschen, was besonders in einem glatten Verlauf der Brennstoffverbrauchskurven bei Betrieb mit verschiedenen Drehzahlen zum Ausdruck kommt.

Die an den Motorschwingungen teilnehmenden Aufbauteile können so leicht wie beim Flugzeug ausgeführt werden. Fig. 10 zeigt den Prüfstand mit aufgebautem 100-PS-Daimler-Motor in Seitenansicht, Teile der Umkleidung, ein eiförmiges Vorderteil und ein zylindrisches Mittelstück sieht man im Hintergrunde. Der Bedienungsstand Fig. 10 enthält alle für Drehmoment, Drehzahl, Wassermengen und Temperaturmessungen erforderlichen Handhaben und Ablesungsvorrichtungen, Gaszündungshebel sowie die Anwerfvorrichtung für die Motoren.

Fig. 12 zeigt den Prüfstand mit aufgebautem 100-PS-Daimler-Motor samt Scheitelkühler und einer dem Flugzeugrumpfe nachgebildeten Verkleidung.

Diskussion.

Dr.-Ing. Walther Freiherr von Doblhoff:

Die interessanten Ausführungen von Herrn Seppeler waren von einer kolossalen Erfahrung diktiert. Die Veränderungen der Schrauben im Betriebe sind für die Versuchsanstalten der Grund, daß sie zu der Pendelrahmenanordnung halten. Nun wäre es doch vielleicht möglich, diese Veränderungen in den Schrauben herauszubringen, was ein viel einfacherer Weg wäre als die Beibehaltung der Pendelrahmen. Ich denke, daß es bei der Untersuchung von Motoren bei den Schrauben nicht so sehr darauf ankommt, daß sie einen günstigen Wirkungsgrad haben, als daß sie standfest sind. Nun glaube ich, daß es möglich wäre, wenn man Schrauben von diesem Gesichtspunkt aus für die Zwecke der Untersuchung konstruieren würde, sie so standfest zu bauen, daß es nicht mehr nötig wäre, sie dauernd zu kontrollieren, sondern stichweise Kontrollen zwischen den Versuchen genügen würden. Zudem sind, wie Herr Seppeler gesagt hat, die Meinungen über den Einfluß des Gleichganges auf die Leistungsaufnahme einer Schraube sehr geteilt. Es scheint, daß dieser Einfluß derart gering ist, daß er keinen Einwand gegen die Verwendung geeichter Schrauben bilden kann.

Der prinzipielle Einwand, der gegen Pendelrahmen zu machen ist, daß nämlich der Einfluß des Schraubenstrahles auf den Rahmen nicht ganz ausgeschaltet werden kann, dieser Einwand muß gegen den Pendelrahmen immer noch bestehen bleiben. Eine vollkommene Einkleidung des Motors ist nicht möglich, die Teile, die herausstehen, sind immer noch dem Einfluß des Schraubenstrahles ausgesetzt. Außerdem ist es in vielen Fällen wünschenswert, den Motor ganz dem Luftstrom auszusetzen, weil bei gewissen Einbauverhältnissen eben der Motor ganz im Luftstrom steht, und weil es auch gar nicht ausgeschlossen ist, daß speziell für diesen Zweck gebaute Motoren der Untersuchung bei eingekleidetem Pendelstand nicht zugänglich wären. Die elastischen Aufhängungen, wie sie die Versuchsanstalt Adlershof durchgebildet hat, scheinen ausgezeichnet zu sein; derartige elastische Aufhängungen sind für Nicht-Pendelstände ebenso verwendbar. Auch die Messung

der Schwankungen sind nicht von der Anordnung als Pendelstand abhängig. Es kann diese Elastizität im Aufbau eben immer verwendet werden, um Schwankungen, wenigstens qualitativ, festzustellen.

Prof. Dr. **Bendemann:**

Ich möchte zunächst kurz sagen, warum es für die Versuchsanstalt so wichtig ist, die Motoren mit dem zugehörigen Propeller zu prüfen.

Der Propeller dient, wie schon bemerkt wurde, zugleich als Schwungrad für den Motor. Durch Aufbringen eines Spezialpropellers macht man unter Umständen einen bedeutsamen Eingriff in den Motor. Außerdem sind auch die Kosten beträchtlich. Bisher hat fast jeder Motor einen anderen Wellenstumpf; man braucht besondere Nabenteile zur Verbindung mit dem Spezialpropeller; das kostet Zeit und Geld. Das wird bei dem gezeigten Verfahren vermieden.

Zweitens: Drallfehler entstehen durch die Einwirkung des in sich tordierten Luftstrahles auf die von ihm bespülten Teile. Diese soll man also möglichst klein halten. Das Mindestmaß ist erreicht, wenn gerade nur der Motor die erforderliche Kühlung empfängt, sonst aber gar keine Teile des Motors und des Meßapparates im Luftstrom liegen.

Die durch besonderen Versuch festzustellende Fehlergröße ist bei einem gar nicht eingekleideten Prüfstand, wie wir es früher hatten, von erheblichem Betrag. So würde es auch hier sein, wenn der vierkantige Rahmen im Luftstrahl läge. Der Drallfehler würde dann einen hohen Prozentsatz des zu messenden Drehmomentes ausmachen. Beschränkt man ihn aber auf das unvermeidliche Maß, so handelt es sich nur noch um wenige Prozente, bei deren Bestimmung man dann mehr summarisch verfahren kann, ohne die Genauigkeit des Resultates zu gefährden.

Ich möchte drittens die Bemerkung machen, daß man sich bei den Motorprüfungen leicht dazu verführen läßt, auf strenge Genauigkeit der Leistungsmessungen zu viel Wert zu legen, dagegen zu wenig auf diejenigen Punkte zu achten, die Herr Seppeler schon zu Eingang seines Vortrages erwähnt: vor allem die Wichtigkeit der Dauerprüfungen der Motoren.

Unsere Motoren arbeiten alle nach gleichem (Viertakt-) Prozeß, mit gleichem Brennstoff, und viele sind einander überhaupt sehr ähnlich. Dadurch sind auch die erreichbaren Leistungen ziemlich gleichartig begrenzt. Wenn nun ein Motor verhältnismäßig mehr leistet als ein anderer, so liegt darin an sich noch kein besonderer Vorzug. Jeder Motor läßt sich durch geschicktes Einregeln mehr oder weniger hoch forcieren. Die Frage ist vielmehr, welcher Motor seine normale Belastung am längsten aushält, und welcher dabei am wenigsten Störungen verursacht. Bei den üblichen Abnahmeprüfungen werden die Motoren oft mit forcierter Leistung vorgeführt, die sie nachher im wirklichen Gebrauche gar nicht herzugeben brauchen. Eine sachgemäße Motorprüfung sollte also gar nicht so sehr auf die Höhe der spezifischen Leistung sehen als auf die Ausdauer und Störungsfreiheit bei einer guten, aber nicht übertriebenen Gebrauchsleistung. Man könnte sich deshalb sogar auf den Standpunkt stellen: Die Leistungsmessung ist überhaupt Nebensache; sie hat nur festzustellen, daß der Motor eine gute, normale Leistung liefert; Haupt-

sache ist die Prüfung der Ausdauer. — Dagegen wäre natürlich einzuwenden, daß bei einer Beurteilung der Motoren auf solcher Grundlage auch die Höhe und die Gleichmäßigkeit der normalen Leistung genau beobachtet werden muß. Eine sorgfältige Leistungsmessung ist also keineswegs zu entbehren. Nur sollte man sich damit nicht auf das Tüpfelchen kaprizieren und darüber das Wesentlichste, die Ausdauer und gleichmäßige Zuverlässigkeit, außer acht lassen. Das ist es, was ich hervorheben möchte.

Professor **Knoller:**

Ich bin auch der Ansicht von Professor Bendemann, daß eine Erleichterung der Motorprüfungen erwünscht ist, halte es aber eben deswegen für zweckmäßig, eine vereinfachte Versuchsmethode zu verwenden. Nach meinen Erfahrungen glaube ich nicht, daß die hier gezeigten Verdrehungen von Propellern die Regel sind. Ich möchte weiter darauf aufmerksam machen, daß bei dem Vergleiche mit dem Pendelrahmen vielleicht zu einseitig nur auf die wassergekühlten Motoren Rücksicht genommen wurde. Bei den luftgekühlten Motoren sieht die Sache wesentlich anders aus. Ich will gar nicht von den Umlaufmotoren sprechen; aber selbst bei den Standmotoren, von denen schon mehrere erfolgreiche Ausführungen bestehen, und die nach meiner Überzeugung eine große Zukunft haben, ergeben sich bei Verwendung des Pendelrahmens bedeutende Schwierigkeiten.

Diese Erwägung war bei der Aufstellung unseres Versuchsprogrammes von wesentlichem Einfluß.

Prof. Dr. **Bendemann:**

Die von Herrn Seppeler herausgegriffenen Extreme sind nicht so aufzufassen, als ob man oft mit so großen Unstimmigkeiten zu rechnen hätte. Es sollte nur darauf hingewiesen werden, daß so ungünstige Fälle vorkommen können.

Major **von Parseval:**

Ich möchte darauf aufmerksam machen, daß Schrauben als arbeitsaufnehmende Organe in einem geschlossenen Raume nicht regelmäßig arbeiten. Sie sind außerordentlich abhängig von der Umgebung. Wenn man in einem solchen Raume eine Tür aufmacht, wird die Schraube schon einen anderen Widerstand geben. Es ist jedenfalls, wenn man mit einer geeichten Schraube arbeitet, eine ganz peinliche Einhaltung derjenigen Verhältnisse erforderlich, bei denen die Eichung vorgenommen wurde.

Prof. **Baumann:**

Mir scheint die Einhaltung zwischen verschiedenen Regeln praktisch nicht so sehr bedeutsam, und zwar deshalb: Jeder der beiden Prüfstände ist natürlich mit gewissen Kompromissen verbunden, und für welchen Kompromiß man sich in dem einen oder anderen Falle entscheiden wird, wird in erster Linie durch praktische Gesichtspunkte für die Verwendung des betreffenden Prüfstandes bedingt sein.

Wenn es sich um Messungen handelt, für die man eine größere Zeit zur Verfügung hat, glaube ich, kann man ruhig so vorgehen, daß man geeichte Schrauben verwendet, die man von Zeit zu Zeit immer wieder nachprüft, um sich zu vergewissern, daß keine Veränderungen an ihnen vorgekommen sind.

Handelt es sich, wie im Falle des Herrn Seppeler, um eine Prüfung, bei der in kurzer Zeit eine große Anzahl von Messungen gemacht werden sollen, dann scheint es mir vorteilhaft, das Drehmoment zu messen, um eine solche Nachprüfung nicht nötig zu haben.

Man wird den Kompromiß in Kauf nehmen müssen: entweder bezüglich der Veränderlichkeit des Drehmomentes und der Schwankungen der Tourenzahl, oder, wie Herr von Parseval ausführte, daß die Strömungen, auch wenn man im Bau arbeitet, durch Winde geändert werden können, auch während des Versuches sich ändern können. Je nachdem wird man sich für den einen oder andern Kompromiß entscheiden.

Jahrbuch der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt

IV. Band 1916

Sonderheft



Berlin
Verlag von Julius Springer
1916

Jahrbuch der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt

IV. Band 1916

Sonderheft



Berlin
Verlag von Julius Springer
1916

Inhaltsverzeichnis.

Die Festigkeitsberechnung der Flugzeugholme von Prof. Dr.-Ing. H. Reißner und Dipl.-Ing. E. Schwerin.

Seite

Einleitung: Besonderheiten des Flugzeuggerippes. Druckpunktwanderung . . . . 1—6

Doppeldecker mit drei Hauptlasten.

I. Spannkräfte und Winkeländerungen unter Voraussetzung gelenkiger Knoten . . . 8—10
II, III. Knoten- und Feldmomente der Holme für einfache und dreifache Last. Zusatzkräfte infolge der Momente . . . . 10—18
IV. Knoten- und Feldmomente für 1,5 fache Biegungsteifigkeit 19
V. Momente ohne Berücksichtigung der Knickkräfte . . . . 20—21
VI. Knoten- und Feldmomente für dehnungslos gedachte Spannkabel . . . . 21—22
VII. Beanspruchungen in den Knoten . . . . 22—24
VIII. Knicksicherheit des Oberholms als Ganzes . . . . 24—25
IX. Biegungsmomente der Holme infolge exzentrischer Knotenpunkte . . . . 26—29

Zwei Eindecker von verschiedener Bauhöhe. 29—44

A. System von 2 m Höhe. B. System von 1,5 m Höhe
I. Spannkräfte und Winkeländerungen bei gelenkigen Knotenpunkten . . . 30—31, 38—40
II, III. Normale und dreifache Last, biegungsfest durchlaufender und am Rumpf gelenkiger Holm . . . . 31—34, 40—42
IV. Momente für 1,5 fache Biegungsteifigkeit . . . . 34—35, 42
V. Momente ohne Berücksichtigung der Knickkräfte 35, 43
VI. Momente für dehnungslose Spannkabel 36, 43
VII. Beanspruchungen in den Knoten . . . . 37—38, 43
VIII. Knicksicherheit 38, 44

Schluß. Allgemeine Folgerungen. Berücksichtigung veränderlichen Elastizitätsmoduls. Knicksicherheit. Zusammenfassung.

Die Festigkeitsberechnung der Flugzeugholme.

Von

H. Reißner und E. Schwerin.

Ein Flugzeug wird bei einem gewissen Gewicht um so sicherer oder bei einem gewissen Sicherheitsgrad um so leichter sein, je gleichmäßiger die Spannungsverteilung bzw. der Sicherheitsgrad in allen seinen Gliedern eingerichtet worden ist.

Die Notwendigkeit genauerer dahin zielender statischer Berechnungen ist vor längerer Zeit von der Kommission für konstruktive Fragen der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt, der der erstgenannte der Verf. angehört, betont und ein Referat über diese Frage von demselben übernommen worden.

Schon 1912 hat der Eine von uns in einem Vortrage vor dieser Gesellschaft eine Reihe von Gesichtspunkten über die Betriebsbelastungen und die Festigkeits- und Elastizitätseigenschaften von Flugzeugbaustoffen erörtert[1]) und kürzlich hat ein Mitglied unserer Kommission, Prof. Dr.-Ing. Proell, die Beanspruchung und Festigkeit von Bespannungsstoffen in einem sehr vollständigen Referat[2]) behandelt. Auch in ausländischen Quellen findet man über Betriebsbelastungen und Baustoffeigenschaften vieles Wertvolle, dagegen vermißt man hier wie anderwärts eine Spannungsberechnung der Flugzeugtragwerke nach den neueren, im Brücken- und Hochbau so bewährten Verfahren der Statik der Baukonstruktionen.

Die Tragwerke der Flugzeuge scheinen auf den ersten Blick recht einfacher Natur zu sein, da bei den Eindeckern vorzugsweise die Hängewerke des Holzbaus und bei den Doppeldeckern die Fachwerke mit parallelen Gurtungen im Dreiecksverband verwendet werden. In der Tat werden in der Praxis wohl auch nur einfache Kräftepläne unter Voraussetzung gelenkiger Knotenpunkte und Vernachlässigung der Durchbiegung verwendet und haben auch, mit einem hohen Sicherheitsgrad und den Konstruktionserfahrungen des Flugbetriebes verwendet, gute Dienste geleistet. Bei einer genaueren Betrachtung zeigt sich jedoch, daß die Flugzeugtragwerke gewisse Besonderheiten haben, für deren Berücksichtigung zwar die Theorie der Statik der Baukonstruktionen bequeme Rechnungsverfahren liefert, die aber diese Tragwerke in ihrer Spannungsverteilung und Formänderung von den Brücken- und Hochbautragwerken nicht unwesentlich unterscheiden.

Diese Besonderheiten sind die folgenden:

Es treten drei Arten von Stabgliedern auf, nämlich: erstens Holme oder Gurte, zweitens Vertikalen und drittens Schrägstäbe(-Seile). Von diesen sind die beiden

[1]) Beanspruchung und Sicherheit von Flugzeugen von H. Reißner. Jahrbuch d. wiss. Ges. I, 1912/1913.

[2]) Zur Frage der Festigkeit von Tragflächenbespannungen von A. Proell. Zeitschr. f. Flugtechn. u. Motorluftsch. 1915 S. 26—29 u. 42—45.

ersten, die Holme und Vertikalen, auf Knickung und Biegung bzw. auf Knickung beansprucht und deswegen so reichlich bemessen, daß sie wenig Längenänderung erfahren.

Dagegen sind die Schrägstäbe einesteils nur auf Zug beansprucht, andernteils aus sehr hoch beanspruchbarem und infolge der Litzenbildung stark dehnbarem Kabelmaterial. Diese erfahren also sehr viel größere Längenänderungen. Hierdurch treten erhebliche Winkeländerungen in allen Dreiecken des Systems und damit erhebliche Biegungsmomente der über die Knotenpunkte kontinuierlich verlaufenden Holme auf, was besonders bei kurzen Feldern in der Nähe des Rumpfes beachtet werden muß.

Die Holme müssen kontinuierlich über die Knotenpunkte laufen, weil sie die Luftdruckkräfte (Auftriebskräfte) der Tragflächenrippen unmittelbar aufzunehmen haben, und ihre Konstruktionshöhe ist durch die Rippenhöhe begrenzt, so daß sie notwendig starke Durchbiegungen aufweisen. Hierdurch wirken sie als sogenannte biegungsteife Seillinien, und zwar, was die Frage verwickelt, über mehrere Felder durchlaufend[1]).

Durch dieses wesentliche Hineinspielen der Knickungsbiegung geht die bei anderen Fachwerken vorhandene Proportionalität zwischen Belastungen und Spannungen verloren, so daß die Frage nach dem wirklichen Sicherheitsgrade eines Tragwerks eine besondere, im folgenden ebenfalls gegebene Untersuchung erfordert.

Der einzige Weg, um ein zahlenmäßiges Bild dieser Verhältnisse zu geben, ist die Durchrechnung möglichst vieler typischer Beispiele. Natürlich kann man die Mannigfaltigkeit der Praxis mit ihrer Fülle von verschiedenen Spannweiten, Feldteilungen, Bauhöhen, Baustoffen, Tragflächentiefen und Gewichten durch einige Beispiele nicht erschöpfen. Immerhin wird die folgende Durchrechnung eines Doppeldeckers mit einer Tragkraft von 2700 kg und von zwei Eindeckern verschiedener Bauhöhe und 900 kg Tragkraft erstens ein Schema für andere Berechnungen geben und zweitens die Größenordnung der oben besprochenen Besonderheiten genügend beleuchten.

Zuvor aber noch ein Wort über die Betriebsbelastungen eines Flugzeugs: Meiner Meinung nach sollte man zwei Berechnungsarten der Betriebsbelastung unterscheiden. Erstens diejenige, die für die Leistungsberechnung des Flugzeugs, d. h. für die Abschätzung und Nachrechnung seines motorischen Bedarfs, seines Propellers, seiner Steigfähigkeit, Anlauflänge, Geschwindigkeit, Tragkraft und auch

[1]) Für die Leser meines früheren Referats in diesem Jahrb. I 1912 möchte ich bemerken, daß sich dort bei der Besprechung der Knickungsbiegung eines einzelnen Holmfeldes mit gelenkigen Knotenpunkten ein unangenehmes Versehen eingeschlichen hat. Es muß dort heißen:

$$M_{max} = M_0 / \cos \frac{l}{2} \sqrt{\frac{P}{EJ}} \sim M_0 \left(1 + \frac{10}{8\,n}\right)$$

wo $n = \pi^2 \frac{EJ}{P\,l^2}$ die Eulersche Knicksicherheit und bei einer Knicksicherheit von $n = 3$ ergibt sich eine Momenterhöhung von $^{10}/_{24}$ und nicht von $^{1}/_{9}$, wie dort irrtümlich behauptet.

Es wird nun freilich unten gezeigt werden, daß es zu ungünstig ist, jedes Feld einzeln zu betrachten, sowohl für die Momentenfläche, als auch für die Knickung.

seiner Steuereigenschaften nötig ist. Diese Betriebsbelastung sollte so genau als möglich auf Grund früherer Betriebserfahrung und Laboratoriumsversuche und auf Grund dei besonderen Tragflächenformen, Tragflächen, Umrisse, Schwerpunktslage und Winkel zwischen der Rumpfachse und den verschiedenen Tragflächensehnen berechnet werden.

Zweitens aber diejenige für die Festigkeitsberechnung. Diese sollte so einfach und übersichtlich abgerundet sein, als es sich mit der Sicherheit und Leichtigkeit des Systems verträgt. Einesteils nämlich verwischen sich die Feinheiten der Auftriebs- und Widerstandskräfte zum Schluß der Spannungsberechnung doch, andererseits entspricht eine sehr fein abgestufte Belastungsverteilung gar nicht den sonstigen Unsicherheiten und Abrundungen der Rechnung und der Stärkebemessungen, ferner muß mit nachträglichen Änderungen der Tragflächenwölbung und Tragflächenverspannung doch gerechnet werden. Im ganzen kommt es eben nur darauf an, ein Belastungsbild aufzustellen, das zwar nicht zu sehr nach der ungünstigen Seite vereinfacht ist, aber vor allen Dingen nicht zu günstig aufgestellt ist, damit man gewiß ist, sich auf der sicheren Seite zu befinden.

Die Zelle eines Flugzeugs besitzt gewöhnlich zwei Tragwände, und es ist die erste Aufgabe, die Gesamtbelastung der Zelle richtig auf diese Tragwände zu verteilen. Wesentlich ist dabei, daß die Luftdruckresultierende, die ja der Belastung das Gleichgewicht hält, je nach dem gewählten Flügelprofil und bei demselben Profil je nach den verschiedenen Flugwinkeln verschieden liegt. Es fragt sich nun auch hier wieder, ob nur die besonderen Lagen der Druckresultierenden für das gerade gewählte Profil oder ob auch nachträglich mögliche Profiländerungen am fertigen Flugzeug in Betracht gezogen werden sollen. In letzterem Falle, dem die Verf. mehr zuneigen, wäre die ungünstigste der wahrscheinlichen Druckverteilungen zu wählen, die bei den üblichen Tragflächenprofilen auftreten können. Allerdings fehlen noch zuverlässige Veröffentlichungen der Druckpunktwanderungen der heute gebräuchlichen Profile. Das Göttinger Laboratorium hat nur Ergebnisse über dünne gewölbte Flügelflächen veröffentlicht, und die technischen Profile, die Eiffel darauf geprüft und veröffentlicht hat, sind nicht die heute gebräuchlichen und bedürfen auch der Bestätigung durch andere Versuchsanstalten. Über Druckpunktwanderung an den Einzelflächen von Doppeldeckern überdies findet man nirgends Angaben, nur der Gang der Gesamtresultierenden ist von Betz untersucht worden, der eine geringere Verschiebung als bei Eindeckerflächen festgestellt hat. Wenn man also zunächst die Druckpunktwanderung der Eindeckerflächen auch bei Doppeldeckern verwendet, so rechnet man wahrscheinlich zu ungünstig.

Welche Holmbelastung sich aus einer gegebenen Druckwanderungskurve ergibt, hat der erstgenannte der Verf. in diesem Jahrbuch (1912/1913 S. 87—89) an einer gewölbten (1:15) dünnen Platte vom Seitenverhältnis 1:4 gezeigt und möchte die Ergebnisse bei drei gebräuchlichen Lagen von Holm gegen Rippe hier nochmals anführen, weil sie die Lehren der Praxis über die starke Belastung des Hinterholms von unten und des Vorderholms von oben zahlenmäßig bestätigen und noch nicht genügend beachtet zu sein scheinen.

Es mögen wie dort ζ_a und ζ_w die bekannten dimensionslosen, von dem Angriffswinkel i des Luftstroms abhängigen Auftriebs- und Widerstandskoeffizienten

der betrachteten Tragfläche, $\eta = \frac{e}{l + c_1 + c_2}$ die experimentell bestimmte verhältnismäßige Druckpunktwanderung sein und im übrigen die Bezeichnungen der Fig. 1 gelten. Dann sind, wie loc. cit. abgeleitet, die durch die Rippe auf die Holme übertragenen Belastungen:

$$A = \frac{G}{2}\left[1 - \frac{c_1 - c_2}{l} + 2\eta\left(1 + \frac{c_1 + c_2}{l}\right)\right]\frac{\xi_a \cos i + \xi_w \sin i}{\sqrt{\zeta_a^2 + \zeta_w^2}}$$

$$B = \frac{G}{2}\left[1 + \frac{c_1 - c_2}{l} - 2\eta\left(1 + \frac{c_1 + c_2}{l}\right)\right]\frac{\zeta_a \cos i + \zeta_w \sin i}{\sqrt{\zeta_a^2 + \zeta_w^2}}.$$

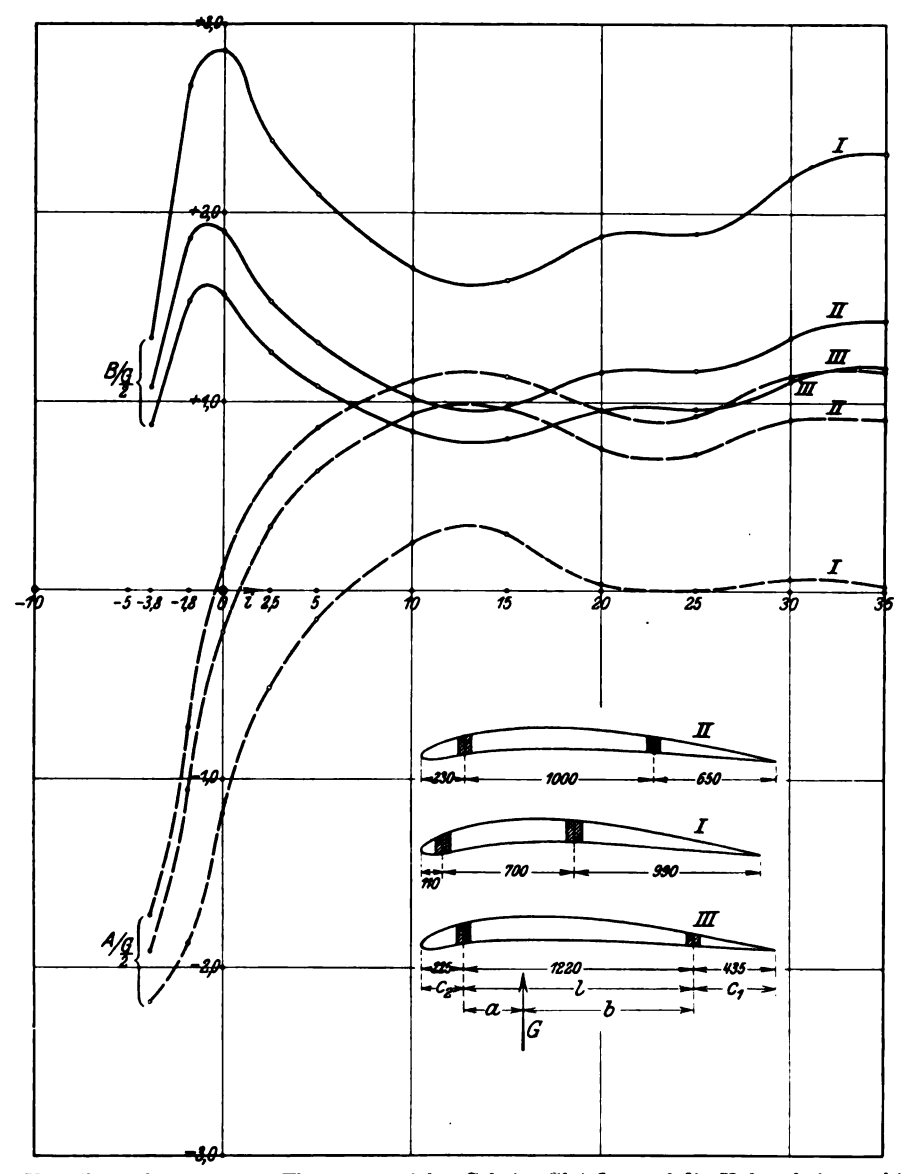


Fig. 1. Verteilung des gesamten Flugzeuggewichts G beim Gleitflug auf die Holme bei verschiedenen Anstellwinkeln i und entsprechendem Gleitflugwinkel α.

G ist hierbei das Gesamtgewicht des Flugzeugs, wobei Rumpf und Schwanzfläche als nicht tragend angesehen werden, und es ist bei der Aufstellung der Formel berücksichtigt, daß im Gleitflug die Flügel nicht das ganze Gewicht, sondern nur eine der Bahnneigung entsprechende Komponente zu tragen haben. (Siehe loc. cit.)

Von Wichtigkeit für die Beurteilung sind dabei: der Winkel des zugehörigen Gleitflugs gegeben durch $\operatorname{tg} \alpha = \frac{\zeta_w'}{\zeta_a}$, wo ζ_w' der Koeffizient des Gesamtwiderstandes des Flugzeugs und der Zusammenhang von Geschwindigkeit v, Flächenbelastung $\frac{G}{F}$ und Luftdichte ϱ gegeben ist durch die Werte von $\frac{v\sqrt{\varrho}}{\sqrt{G/F}}$.

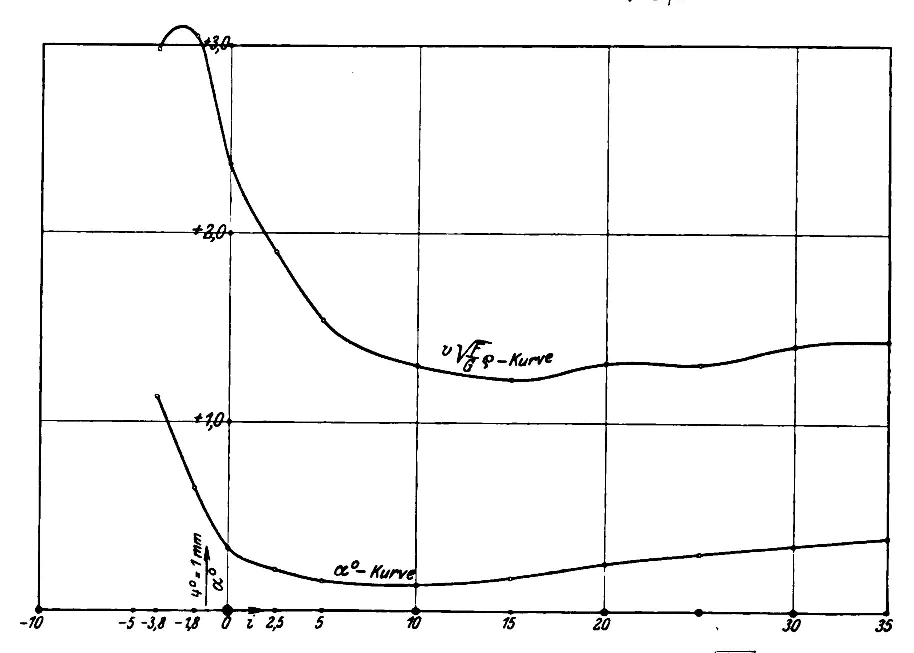


Fig. 2. Gleitflugwinkel α und spezifische Flugzeuggeschwindigkeit $v\sqrt{\frac{F}{G}\cdot\varrho}$ bei verschiedenen Anstellwinkeln i.

Für die in Fig. 1 angegebenen Holmanordnungen sind nun die obigen Formeln ausgewertet und aufgetragen worden, wobei die Werte der Tafel auf S. 88 dieses Jahrbuchs 1912/1913 benutzt wurden. Die zu denselben Winkeln i gehörigen Werte von α in Grad und $\frac{v\sqrt{\varrho}}{\sqrt{G/F}}$ sind in Fig. 2 gezeichnet.

Es wäre sehr nützlich, wenn ähnliche Kurventafeln für die heute bewährten Flügelprofile auch für die einzelnen Tragflächen der Doppeldecker nach zuverlässigen Messungen den Konstrukteuren zur Verfügung ständen, um ein sichereres Urteil über Belastungsverteilung und dadurch günstigste Materialverteilung zu gewinnen.

Immerhin zeigen schon die nebenstehenden Kurven, wie nötig es ist, einen Kompromiß zwischen den Forderungen möglichst großer Holmhöhe einerseits und

schlank verlaufender Flügelprofile und guter Lastverteilung andererseits zu schließen. Kurve I erfüllt zwar die ersten beiden Forderungen, bedingt aber sehr hohe Belastungen des Hinterholms von unten und des Vorderholms von oben. Kurve II besitzt eine gleichmäßige Lastverteilung bei Winkeln von 10 bis 17° infolge Zurückschiebung des Hinterholms und Kurve III infolge noch stärkerer Zurückschiebung gute Verteilung zwischen 5° und 10°. II und III sind aber offenbar konstruktiv unbequemer.

Alle Kurven lassen erkennen, daß bei Sturzflügen eine sehr starke Belastung des Vorderholms von oben mindestens gleich dem $1^3/_4$ fachen der halben Last und des Hinterholms von unten mindestens gleich dem $1^1/_2$ fachen der halben Last in Rechnung zu stellen ist.

Eine solche Verteilung auf die Holme ist zweifellos vorzunehmen, wenn es sich um die Biegungsbelastung der Holme handelt; dagegen wird es erlaubt sein, etwas günstiger zu rechnen, wenn es sich um die Lastverteilung auf die Hauptverspannung, d. h. auf die Tragwand handelt. In diesem Fall werden die von der Vorder- nach der Hinterwand reichenden, in senkrechten Ebenen liegenden Querverspannungen und auch die Innenverspannung des Tragwerks selbst dem ganzen System eine solche Torsionsfestigkeit geben, daß ein Ausgleichen der Lastverteilung auf die beiden Hauptverspannungen eintritt. Wie groß dieser Ausgleich ist, ist hier nicht behandelt worden; es wird aber nötig sein, diese Aufgabe möglichst bald zu lösen.

Beiläufig möge aus Fig. 2 ebenfalls eine Folgerung über die verwendete Flügelform gezogen werden. Der kleinste Gleitwinkel 14° ist etwa bei 9° Angriffswinkel vorhanden. Dieser Winkel würde auch bei dem stärksten Steigflug benutzt werden müssen und würde dabei $\frac{v\sqrt{\varrho}}{\sqrt{G/F}} = 1{,}31$ liefern, also bei einer Flächenbelastung von 30 kg/qm, $v = 1{,}31 \cdot \sqrt{2{,}40} = 20.3$ m/sek (73 km/stde). Für größte Geschwindigkeit muß bekanntlich ein sehr viel kleinerer Angriffswinkel auf Kosten des Nutzeffektes gewählt werden. Bei $i = 2{,}5°$ ergibt sich $\frac{v\sqrt{\varrho}}{\sqrt{G/F}} = 1{,}91$, $v = 29{,}4$ m/sek (106 km/stde), welche Zahlen etwa vorkommenden Verhältnissen entsprechen, obgleich die Kurven der Fig. 2 auch nur qualitativen Wert haben, da sie einen von i unabhängigen Rumpfwiderstand voraussetzen.

Es wird sich bei der Durchrechnung herausstellen, daß die Spannkräfte der Schrägseile und Vertikalen durch die oben auseinandergesetzten Besonderheiten nur wenig beeinflußt werden, so daß für diese die elementare Berechnung auf Grund der Voraussetzung gelenkiger Knotenpunkte genügend genau wäre. Dagegen läßt sich eine zuverlässige Beurteilung der Holmspannung und Stärkebemessung der Holme nur unter Berücksichtigung der oben dargelegten Gesichtspunkte gewinnen, weswegen wir im Titel des Referats die Flugzeugholme herausgehoben haben, obgleich die Formänderungen, der Sicherheitsgrad und die Spannkräfte der übrigen Glieder der Flugzeugzelle sich im folgenden mit ergeben werden.

Untersuchung eines Doppeldeckers mit 3 Hauptlasten.

Wir beginnen mit der Durchrechnung einer hinteren Tragwand der Doppeldeckerzelle eines Großflugzeugs von 20 m Spannweite und 2700 kg Gesamtlast mit zwei seitlichen Motoren und einem Hauptrumpf. Wie oben gezeigt, kann der Fall, daß die hintere Tragwand dreiviertel der Gesamtlast aufzunehmen hat, beim Gleitfluge bei der üblichen Lage der Rippen zu den Holmen eintreten. Unter dieser Voraussetzung ergibt sich eine Belastung von 100 kg auf den laufenden Meter der Tragwand, wenn man die vielleicht etwas zu ungünstige Annahme gleichmäßiger Verteilung über die Tragflächenspannweite macht. Diese Kräfte werden sich nun aber nicht gleich auf die obere und untere Tragfläche verteilen, sondern den Oberholm stärker belasten, wie Laboratoriumsversuche und theoretische Überlegungen gezeigt haben. Dieser Unterschied kann auf 20 % geschätzt werden und ist wohl zu beachten, da es gerade der auf Druck beanspruchte Oberholm ist, der die erhöhten Biegungsbelastungen aufzunehmen hat. Für die Hauptspannkräfte des Systems macht die Art der Verteilung allerdings wenig aus, nur die Vertikalen erhalten um so weniger Druck, je mehr die obere Tragfläche übernimmt. Für diese allein empfiehlt es sich, um sicher zu gehen, nachträglich mit einer gleichen Verteilung auf Ober- und Unterholm zu rechnen. Für alle anderen Glieder aber soll die folgende Belastungsannahme zugrunde liegen:

Gleichmäßig verteilte Luftkräfte	55 kg/m f. d. Oberholm,	45 kg/m f. d. Unterholm
Gleichmäßig verteilte Eigengewichte der Zelle	—5 „ „ „	—5 „ „ „
Gleichwertig mit Knotenpunktslasten	—5 „ „ „	—5 „ „ „
Gleichmäßig verteilte Gesamtbelastung . . .	45 kg/m f. d. Oberholm,	35 kg/m f. d. Unterholm

Die nach oben gerichteten Kräfte haben sich nun mit den Einzellasten der Seitengondeln und des Rumpfes ins Gleichgewicht zu setzen. In den Seitenzellen sind im wesentlichen die Motoren und Benzingefäße die Lasten, und zwar je 360 kg, die auf die beiden Knotenpunkte V und VI entfallen und im Rumpf eine große Menge von Betriebslast, zusammen etwa 410 kg auf Knotenpunkt VII der Fig. 3.

Verteilt man alle Lasten auf die Knotenpunkte, so als ob diese gelenkig sind, so ergibt sich das Belastungsschema der Fig. 3.

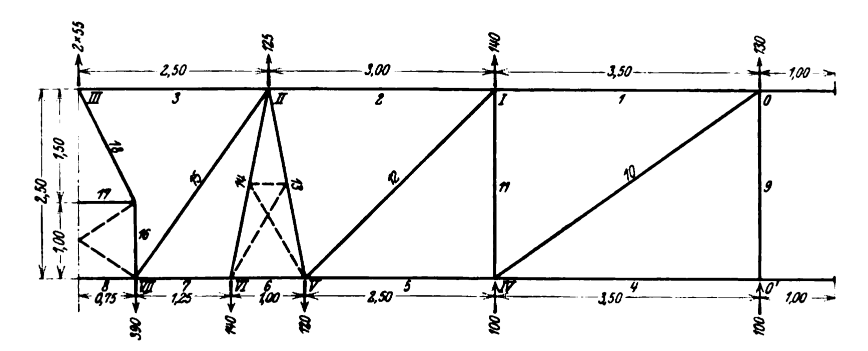


Fig. 3. Belastungsschema des Doppeldeckers mit drei Hauptlasten.
(Die Zahlen an den Pfeilen geben die Lasten in kg an.)

I. Spannkräfte und Winkeländerungen des Hauptsystems unter Voraussetzung gelenkiger Knoten.

Die Rechnung soll nun so vor sich gehen, daß zunächst für ein Hauptsystem unter Voraussetzung gelenkiger Knoten die Spannkräfte und Formänderungen ermittelt und aus diesen verbesserte Werte unter Beachtung des gelenklosen Durchlaufens und der Knickbeanspruchung der Holme gewonnen werden.

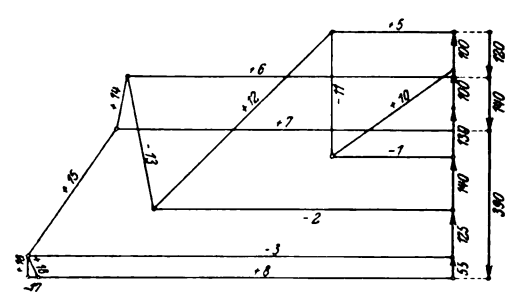


Fig. 4. Kräfteplan (100 kg = 5 mm).

In Fig. 4 ist der erste so entstehende Kräfteplan dargestellt.

Für die Stäbe der Holme liefert der Kräfteplan die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Werte S_0 der Spannkräfte, und aus diesen bei einem Elastizitätsmodul beider hohlen Holzholme $E = 10^5$ kg/cm² und einem Querschnitt $F = 15{,}8$ cm² der Holme die folgenden Werte der Längenänderungen Δs:

Stab	S_0 kg	$\sigma_0 = \frac{S_0}{F} = \frac{S_0}{15{,}8}$ kg/cm²	s cm	$\Delta s = \frac{\sigma_0 \cdot s}{10^5}$ cm
		Oberholm:		
1	− 322	20,4	350	0,07
2	− 792	50,1	300	0,15
3	− 1125	71,2	250	0,18
		Unterholm:		
5	+ 322	20,4	250	0,05
6	+ 862	54,6	100	0,055
7	+ 890	56,4	125	0,07
8	+ 1125	71,2	150	0,11

Trägheitsmoment des Holmquerschnitts $J = 221{,}3$ cm⁴; $\sqrt{EJ} = 4704{,}3$
Widerstandsmoment „ „ $W = 40{,}2$ cm³

In den Knoten werde der Querschnitt verstärkt, so daß hier:

$$F' = 18{,}0 \text{ cm}^2 \qquad W' = 44{,}23 \text{ cm}^3$$

Diagonalen: Für die Diagonalen wurden doppelt geflochtene Drahtseile vorausgesetzt, die zwar etwas dehnbarer sind als einmal geflochtene, aber sich besser spleißen lassen. Der Elastizitätsmodul derselben wurde zu $2150000 \cdot 0{,}6^2$ kg/qcm $= \sim 8 \cdot 10^5$ kg/qcm[1]) eingeführt.

Als zulässige Spannung wurde 4000 kg/qcm auf den wirklichen Drahtquerschnitt zugelassen, nur für die innerste Diagonale 15 wurde diese aus Gründen, die während der Rechnung hervortreten, auf 2000 kg/qcm heruntergesetzt, so daß:

$$\Delta s_0 = \frac{\sigma_0 \cdot s}{E} = \begin{cases} \frac{4000}{800\,000} \cdot s = \frac{1}{200} \cdot s \text{ für Stab 10 und 12} \\ \frac{2000}{800\,000} \cdot s = \frac{1}{400} \cdot s \text{ „ „ 15} \end{cases}$$

[1]) Handbuch der Hütte I 22. Aufl. S. 501.

Demnach erhält man folgende Längenänderungen der Diagonalen:

Stab	s cm	σ_0 kg/cm²	Δs_0 cm
10	$\sqrt{2{,}50^2 + 3{,}50^2} = 430{,}1$	4000	$2{,}150^5$
12	$\sqrt{2{,}50^2 + 2{,}50^2} = 353{,}6$	4000	1,768
15	$\sqrt{2{,}50^2 + 1{,}75^2} = 305{,}2$	2000	0,763

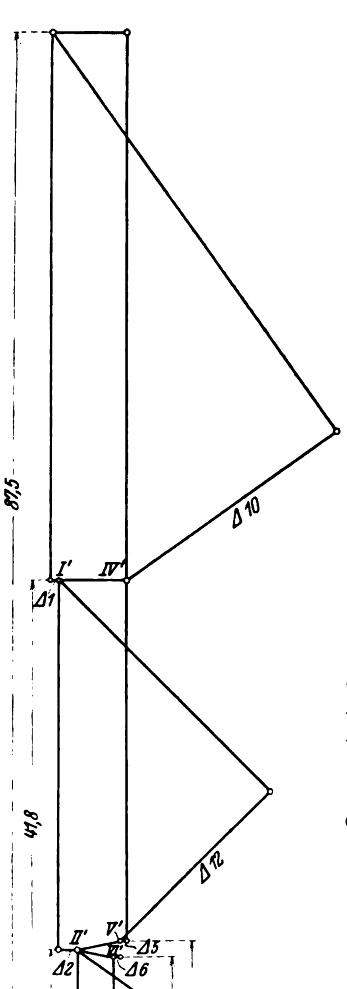


Fig. 5. Verschiebungsplan.

Die Längenänderungen der Vertikalen (Stahlrohre) wurden vernachlässigt, da diese auf Knickung zu bemessenden Stäbe nur ganz geringe Spannungen erfahren.

Der in Fig. 5 dargestellte mit diesen Längenänderungen gezeichnete Williotsche Verschiebungsplan[1]) ergab folgende Verschiebungen der Knoten in vertikaler Richtung:

Oberholm: $\delta_0 = 87{,}5$ mm
$\delta_{I} = 41{,}8$ „
$\delta_{II} = 11{,}0$ „
$\delta_{III} = 0$

Unterholm: $\delta_0' = 87{,}5$ mm
$\delta_{IV} = 41{,}8$ „
$\delta_{V} = 11{,}7$ „
$\delta_{VI} = 10{,}4$ „
$\delta_{VII} = 0$

Für die Clapeyronschen Gleichungen der als durchlaufende Träger betrachteten Holme werden wir unten die Winkeländerungen in den Knoten brauchen.

Da nach Fig. 6[2]) diese Winkeländerungen an den Knotenpunkten

$$\Delta\vartheta_m = \frac{\delta_{m-1} - \delta_m}{l_m} - \frac{\delta_m - \delta_{m+1}}{l_{m+1}}$$

Fig. 6. Winkeländerungen in den Knoten infolge der vertikalen Durchbiegungen.

[1]) Siehe Müller-Breslau, Statik der Baukonstruktionen Bd. II Abt. 1 S. 59ff.

[2]) In dieser Figur und der für die Stützkraftverbesserungen A_m (Fig. 9) ist versehentlich die Stablänge mit l_m statt mit s_m bezeichnet.

sind, ergeben sich unter der zulässigen Vernachlässigung des Einflusses der Horizontalverschiebungen auf die Winkeländerungen die in nachstehender Tabelle zusammengestellten Werte $\Delta\vartheta_m$:

Punkt	δ_m	$\delta_{m-1} - \delta_m$	l_m	$\frac{\delta_{m-1} - \delta_m}{l_m}$	$\Delta\vartheta_m$
0	87,5				
I	41,8	45,7	3500	0,01306	+ 0,0028
II	11,0	30,8	3000	0,01027	+ 0,0059
III	0	11,0	2500	0,00440	+ 0,0088
II′	11,0	− 11,0		− 0,00440	
0′	87,5				
IV	41,8	45,7	3500	0,01306	− 0,0010
V	11,7	30,1	2500	0,01204	− 0,0107
VI	10,4	1,3	1000	0,00130	+ 0,0070
VII	0	10,4	1250	0,00832	− 0,0083
VII′	0	0		0	

IIa. Knotenmomente der Holme bei normaler Last.

Die Holme mögen nun im nächsten Rechnungsgang betrachtet werden als durchlaufende biegungsfeste Balken mit den oben berechneten Durchbiegungen δ ihrer Stützpunkte und den gegebenen Querbelastungen durch die Tragflächenrippen.

Die oben berechneten Durchbiegungen δ und Winkeländerungen $\Delta\vartheta$ sind allerdings um ein Geringes zu groß, da die Holme durchlaufend und nicht gelenkig sind. Der Fehler ist jedoch nur klein, wie durch eine zweite Korrektion auf S. 15 nachgewiesen wird.

1. Oberholm (Biegung mit Druck):

Nach Müller-Breslau (Statik der Baukonstruktionen, II, 2, S. 286 ff.) werden die Tangentenneigungen τ an den Auflagern eines durch die Druckkraft S beanspruchten Stabes, an dessen linkem Ende das Knotenmoment M_A, an dessen rechtem M_B angreift, bei einer Querbelastung g pro Längeneinheit (Fig. 7):

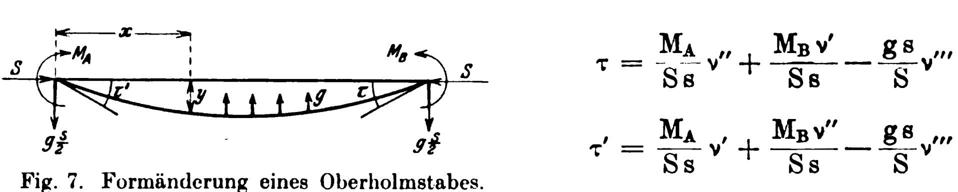


Fig. 7. Formänderung eines Oberholmstabes.

$$\tau = \frac{M_A}{Ss}\nu'' + \frac{M_B\nu'}{Ss} - \frac{gs}{S}\nu'''$$

$$\tau' = \frac{M_A}{Ss}\nu' + \frac{M_B\nu''}{Ss} - \frac{gs}{S}\nu'''$$

wo:

$$\nu' = 1 - \frac{\alpha}{\operatorname{tg}\alpha} \qquad \alpha = \frac{s}{k}$$

$$\nu'' = \frac{\alpha}{\sin\alpha} - 1$$

$$\nu''' = \frac{1-\cos\alpha}{\alpha\sin\alpha} - \frac{1}{2} \qquad k = \sqrt{\frac{EJ}{S}}$$

Hierin ist die Querbelastung des Oberholms $g = 0{,}055 - 0{,}005 = 0{,}050$ t/m.

2. Unterholm (Biegung zusammenwirkend mit Zug) (Fig. 8):

Stab 5 bis 8:

$$\tau' = \frac{M_A}{S\,s}\,\nu' + \frac{M_B}{S\,s}\,\nu'' - \frac{g\,s}{S}\,\nu'''$$

$$\tau = \frac{M_A}{S\,s}\,\nu'' + \frac{M_B}{S\,s}\,\nu' - \frac{g\,s}{S}\,\nu'''$$

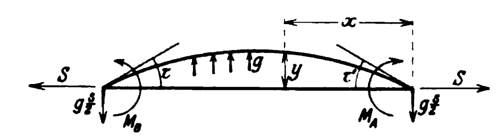
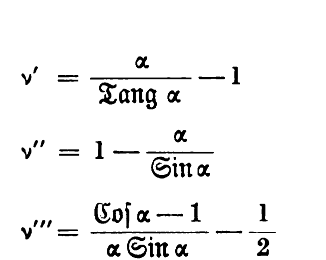


Fig. 8. Formänderung eines Unterholm-Stabes.

wo:



$$\nu' = \frac{\alpha}{\mathfrak{Tang}\,\alpha} - 1$$

$$\nu'' = 1 - \frac{\alpha}{\mathfrak{Sin}\,\alpha}$$

$$\nu''' = \frac{\mathfrak{Cos}\,\alpha - 1}{\alpha\,\mathfrak{Sin}\,\alpha} - \frac{1}{2}$$

Stab 4: Für diesen ist $S = 0$ und, wenn M_0' das im Knoten $0'$ infolge des Tragarms hervorgerufene Moment bezeichnet:

$$\tau_4 = (2\,M_{IV} + M_0')\,\frac{s_4}{6\,E\,J} + \frac{g_4\,s_4^3}{24\,E\,J}$$

$$s_4 = 3{,}50\,\mathrm{m};\; M_0' = -0{,}040 \cdot 1{,}0 \cdot \frac{1{,}0}{2} = -0{,}020\,\mathrm{mt}$$

$$\tau_4 = \frac{3{,}50\left(2\,M_{IV} - 0{,}020 + 0{,}040 \cdot \frac{3{,}50^2}{4}\right)}{6 \cdot 2{,}213} = 0{,}527\,M_{IV} + 0{,}0270$$

Hierin für alle Stäbe des Unterholms $g = 0{,}045 - 0{,}005 = 0{,}040$ t/m.

Setzt man für beide Holme:

$$\psi = \frac{\nu}{S\,s}$$

so erhält man aus der Bedingung: $\tau_{m+1} + \tau_m' = \Delta\vartheta_m$ der Gleichung der Biegungslinie folgende verallgemeinerte Clapeyronsche Gleichungen zur Bestimmung der Knotenmomente beider Holme:

$$M_{m-1}\,\psi_m'' + M_m\,(\psi_m' + \psi_{m+1}') + M_{m+1}\,\psi_{m+1}''$$
$$= \Delta\vartheta_m + \frac{g_m\,s_m}{S_m}\,\nu_m''' + \frac{g_{m+1}\,s_{m+1}}{S_{m+1}}\,\nu_{m+1}'''$$

IIb. Feldmomente der Holme bei normaler Last.

Aus der Gleichung der Biegungslinie ermittelt man die größten Biegungsmomente in der Nähe der Feldmitte nach Stellung und Größe, d. h. die Feldmomente der Holme.

1. Oberholm: Setzt man

$$C_1 = \frac{D_1}{S} \qquad \text{worin: } D_1 = M_A - g\,k^2$$

$$C_2 = \frac{\frac{D_2}{\sin\alpha} - D_1 \cot g\,\alpha}{S} \qquad D_2 = M_B - g\,k^2$$

so ist der gefährliche Querschnitt bestimmt durch:

$$\operatorname{tg}\frac{x}{k} = \frac{C_2}{C_1}$$

Das Feldmoment wird:

$$M_{\frac{max}{min}} = D_1 \cdot \frac{1}{\cos\frac{x}{k}} + g\,k^2$$

2. Unterholm (Stab 5 bis 8): Setzt man

$$C_1 = \frac{D_1}{S} \qquad \text{worin: } D_1 = M_A - g\,k^2$$

$$C_2 = \frac{D_1\,\mathfrak{Cotg}\,\frac{s}{k} - \dfrac{D_2}{\mathfrak{Sin}\,\frac{s}{k}}}{S} \qquad D_2 = M_B - g\,k^2$$

so wird

$$\mathfrak{Tg}\,\frac{x}{k} = \frac{C_2}{C_1}; \qquad M_{\frac{max}{min}} = \frac{D_1}{\mathfrak{Cof}\,\frac{x}{k}} + g\,k^2$$

III. Untersuchung für dreifache Last.

Wegen des Zusammenwirkens von Biegung und Druck wachsen die Spannungen bei Lastvergrößerung schneller als proportional. Es ist deswegen notwendig die Art dieses Wachsens zu verfolgen.

Die Werte $\Delta\vartheta$, die Querbelastung g und die Spannkräfte S können jedoch mit genügender Genauigkeit verdreifacht werden.

Die zahlenmäßige Durchrechnung nach den obigen Ansätzen geben die nachstehenden Tabellen, aus denen auch die größten Beanspruchungen ersichtlich sind.

IIa. Berechnung der Knotenmomente der Holme für normale Last:

Stab	Oberholm:								
	S_0 (kg)	s (cm)	$\alpha_0 = \frac{s\sqrt{S_0}}{4704,3}$	α^0	$\sin\alpha$	$\cos\alpha$	$\operatorname{cotg}\alpha$	$\alpha\operatorname{cotg}\alpha$	ν'
1	322	350	1,335	76° 29,3′	+ 0,972	+ 0,235	0,240	+ 0,320	+ 0,680
2	792	300	1,795	102° 50,7′	+ 0,975	− 0,222	0,228	− 0,409	+ 1,409
3	1125	250	1,782	102° 6,2′	+ 0,978	− 0,209	0,214	− 0,381	+ 1,381

Stab	Oberholm:							$g = 0{,}05$ t/m	
	$\frac{\alpha}{\sin\alpha}$	ν''	$\frac{1-\cos\alpha}{\alpha\sin\alpha}$	ν'''	$S \cdot s$ (mt)	ψ'	ψ''	$g\frac{s}{S}$	$g\frac{s}{S}\cdot\nu'''$
1	+ 1,374	0,374	0,589	0,089	1,127	0,603	0,332	0,544	0,0484
2	+ 1,841	0,841	0,699	0,190	2,376	0,593	0,354	0,190	0,0377
3	+ 1,824	0,824	0,693	0,193	2,8125	0,491	0,293	0,111	0,0215

Stab	Unterholm:								
	S_0 (kg)	s (cm)	$a_0 = \frac{s\sqrt{S_0}}{4704,3}$	a^0	$\mathfrak{Sin}\,a$	$\mathfrak{Cof}\,a$	$\mathfrak{Tg}\,a$	$\frac{a}{\mathfrak{Tg}\,a}$	ν'
5	322	250	0,954	—	1,105	1,491	0,742	1,285	0,285
6	862	100	0,624	—	0,665	1,201	0,554	1,126	0,126
7	890	125	0,793	—	0,879	1,331	0,660	1,201	0,201
8	1125	150	1,069	—	1,285	1,628	0,789	1,354	0,354

Stab	Unterholm:							g = 0,04 t/m	
	$\frac{a}{\mathfrak{Sin}\,a}$	ν''	$\frac{\mathfrak{Cof}\,a - 1}{a\,\mathfrak{Sin}\,a}$	ν'''	S · s (mt)	ψ'	ψ''	$g\frac{s}{S}$	$g\frac{s}{S}\cdot\nu'''$
5	0,863	0,137	0,466	— 0,034	0,805	0,354	0,170	0,311	—0,0106
6	0,938	0,062	0,484	— 0,016	0,862	0,146	0,072	0,046	—0,0007
8	0,902	0,098	0,475	— 0,025	1,1125	0,181	0,088	0,056	—0,0014
8	0,832	0,168	0,457	— 0,043	1,6875	0,210	0,100	0,053	—0,0023

Man erhält daher folgende Gleichungen zur Bestimmung der Knotenmomente:

Oberholm

$$\overbrace{0{,}025}^{M_0}\cdot 0{,}332 + M_I\,(0{,}603 + 0{,}593) + M_{II}\cdot 0{,}354 = 0{,}0028 + 0{,}0484 + 0{,}0377$$
$$M_I\cdot 0{,}354 + M_{II}\,(0{,}593 + 0{,}491) + M_{III}\cdot 0{,}293 = 0{,}0059 + 0{,}0377 + 0{,}0215$$
$$M_{II}\cdot 2\cdot 0{,}293 + M_{III}\cdot(2\cdot 0{,}491) = 0{,}0088 + 2\cdot 0{,}0215$$

Unterholm (da $M_{VII} = M_{VIII}$)

$$M_{IV}\,(0{,}527 + 0{,}354) + M_V\cdot 0{,}170 = -0{,}0010 - 0{,}0270 - 0{,}0106$$
$$M_{IV}\cdot 0{,}170 + M_V\,(0{,}354 + 0{,}146) + M_{VI}\cdot 0{,}072 = -0{,}0107 - 0{,}0106 - 0{,}0007$$
$$M_V\cdot 0{,}072 + M_{VI}\,(0{,}146 + 0{,}181) + M_{VII}\cdot 0{,}088 = +0{,}0070 - 0{,}0007 - 0{,}0014$$
$$M_{VI}\cdot 0{,}088 + M_{VII}(0{,}181 + 0{,}210 + 0{,}100) = -0{,}0083 - 0{,}0014 - 0{,}0023$$

Die Auflösung ergibt:

Oberholm:	**Unterholm:**
$M_I = +0{,}058$ mt	$M_{IV} = -0{,}037$ mt
$M_{II} = +0{,}032$ „	$M_V = -0{,}036$ „
$M_{III} = +0{,}034$ „	$M_{VI} = +0{,}031$ „
	$M_{VII} = -0{,}030$ „

IIIa. Berechnung der Knotenmomente der Holme für dreifache Last:

Stab	Oberholm:							
	$a = a_0\sqrt{3}$	a^0	sin a	cos a	cotg a	a cotg a	ν'	$\frac{a}{\sin a}$
1	2,312	132° 28,1′	+ 0,738	— 0,675	— 0,915	— 2,116	+ 3,116	+ 3,134
2	3,109	178° 7,9′	+ 0,0326	— 0,999	— 30,694	— 95,428	+ 96,428	+ 95,368
3	3,086	176° 11,0′	+ 0,0666	— 0,998	— 14,992	— 46,265	+ 47,265	+ 46,364

Stab	Oberholm:							
	ν''	$\frac{1-\cos\alpha}{\alpha\sin\alpha}$	ν'''	$3\,S_0\cdot s$	ψ'	ψ''	$g\frac{s}{S}$	$g\frac{s}{S}\cdot\nu'''$
1	+ 2,134	0,996	0,496	3,381	+ 0,922	+ 0,632	0,544	+ 0,2698
2	+ 94,368	19,724	19,224	7,128	+ 13,528	+ 13,239	0,190	+ 3,6526
3	+ 45,364	9,721	9,221	8,4375	+ 5,602	+ 5,376	0,111	+ 1,0235

Stab	Unterholm:							
	$\alpha = \alpha_0\sqrt{3}$	α_0	$\mathfrak{Sin}\,\alpha$	$\mathfrak{Cof}\,\alpha$	$\mathfrak{Tang}\,\alpha$	$\frac{\alpha}{\mathfrak{Tang}\,\alpha}$	ν'	$\frac{\alpha}{\mathfrak{Sin}\,\alpha}$
5	1,652	—	2,513	2,705	0,929	1,778	0,778	0,658
6	1,080	—	1,303	1,642	0,793	1,363	0,363	0,829
7	1,374	—	1,849	2,102	0,880	1,561	0,561	0,743
8	1,851	—	3,105	3,262	0,952	1,945	0,945	0,596

Stab	Unterholm:							
	ν''	$\frac{\mathfrak{Cof}\,\alpha-1}{\alpha\,\mathfrak{Sin}\,\alpha}$	ν'''	$3\,S_0\cdot s$	ψ'	ψ''	$g\frac{s}{S}$	$g\frac{s}{S}\cdot\nu'''$
5	0,342	0,411	− 0,089	2,415	0,322	0,142	0,311	− 0,0277
6	0,171	0,456	− 0,044	2,586	0,140	0,066	0,046	− 0,0020
7	0,257	0,434	− 0,066	3,3375	0,168	0,076	0,056	− 0,0037
8	0,404	0,394	− 0,106	5,0625	0,187	0,080	0,053	− 0,0056

Oberholm

$$\overbrace{3\cdot 0{,}025}^{M_0}\cdot\ 0{,}632 + M_I\,(0{,}922 + 13{,}528) + M_{II}\cdot 13{,}239 = 3\cdot 0{,}0028 + 0{,}2698 + 3{,}6526$$

$$M_I\ \cdot 13{,}239 + M_{II}\,(13{,}528 + 5{,}602) + M_{III}\cdot 5{,}376 = 3\cdot 0{,}0059 + 3{,}6526 + 1{,}0235$$

$$M_{II}\ \cdot(2\cdot 5{,}376) + M_{III}\cdot(2\cdot 5{,}602) = 3\cdot 0{,}0088 + 2\cdot 1{,}0235$$

Unterholm:

$$(0{,}527 + 0{,}322)\cdot M_{IV} + 0{,}142\,M_V = 3\cdot -0{,}0010 - 3\cdot 0{,}0270 - 0{,}0277$$

$$0{,}142\,M_{IV} + (0{,}322 + 0{,}140)\cdot M_V + 0{,}066\,M_{VI} = 3\cdot -0{,}0107 - 0{,}0277 - 0{,}0020$$

$$0{,}066\,M_V + (0{,}140 + 0{,}168)\cdot M_{VI} + 0{,}076\,M_{VII} = 3\cdot +0{,}0070 - 0{,}0020 - 0{,}0037$$

$$0{,}076\,M_{VI} + (0{,}168 + 0{,}187)\cdot M_{VII} + 0{,}080\,M_{VII} = 3\cdot -0{,}0083 - 0{,}0037 - 0{,}0056$$

Die Auflösung ergibt:

Oberholm:

$M_I = +0{,}200$ mt
$M_{II} = +0{,}075$ „
$M_{III} = +0{,}113$ „

Unterholm:

$M_{IV} = -0{,}112$ mt
$M_V = -0{,}116$ „
$M_{VI} = +0{,}098$ „
$M_{VII} = -0{,}096$ „

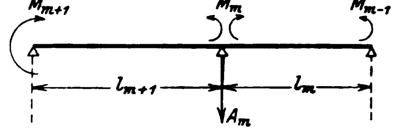


Fig. 9. Stützkraftverbesserungen A_m in den Knoten infolge der Knotenmomente.

Zusatzkräfte A_m in den Knoten infolge der Momente. Es folgt jetzt diejenige Verbesserung der Spannkräfte, die wegen des gelenklosen Durchlaufens streng genommen nötig ist. Diese Verbesserung erweist sich aber

Knoten	M_m (mkg)	$M_m - M_{m-1}$	l_m (m)	$\frac{M_m - M_{m-1}}{l_m}$	A_m (kg)
			Oberholm:		
0	25				+ 9
I	58	+ 33	3,50	+ 9,4	— 18
II	32	— 26	3,00	— 8,7	+ 10
III	34	+ 2	2,50	+ 0,8	(2 ×) — 1
II′	32	— 2		— 0,8	
			Unterholm:		
0′	20				
IV	37	+ 17	3,50	+ 4,9	+ 5
V	36	— 1	2,50	— 0,4	— 5
VI	—31	— 67	1,00	— 67,0	— 67
VII	30	+ 61	1,25	+ 48,8	+ 116
VII′	30	0	1,50	0	— 49

als so gering, daß sie für künftige der Praxis dienende Rechnungen fortgelassen werden dürfte.

Durch die Knotenpunktmomente entsteht nämlich eine andere Lastverteilung auf die Knotenpunkte als die, von welcher im Anfang der Arbeit ausgegangen wurde, da die Knotenmomente Stützkraftverbesserungen A_m hervorrufen (Fig. 9).

$$A_m = \frac{M_{m+1} - M_m}{l_{m+1}} - \frac{M_m - M_{m-1}}{l_m}$$

Hiernach erhält man für die Stützkraftverbesserungen die in obenstehender Tabelle zusammengestellten Werte:

Infolge dieser Zusatzkräfte (Fig. 10) ergeben sich nach dem Cremonaplan, Fig. 11, folgende verbesserten Werte der Spannkräfte:

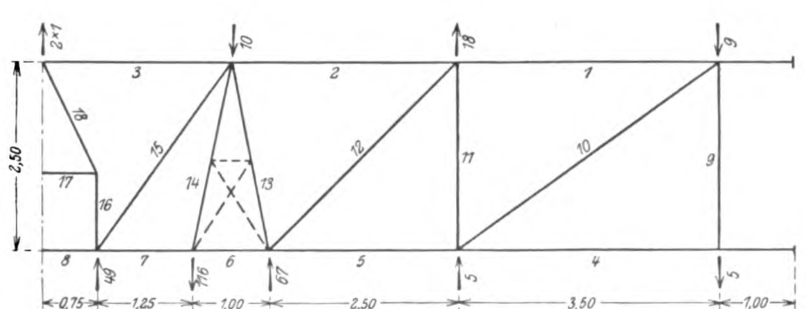


Fig. 10. Belastungsschema infolge der Stützkraftverbesserungen A_m. (Die Zahlen an den Pfeilen geben die Lasten in kg an.)

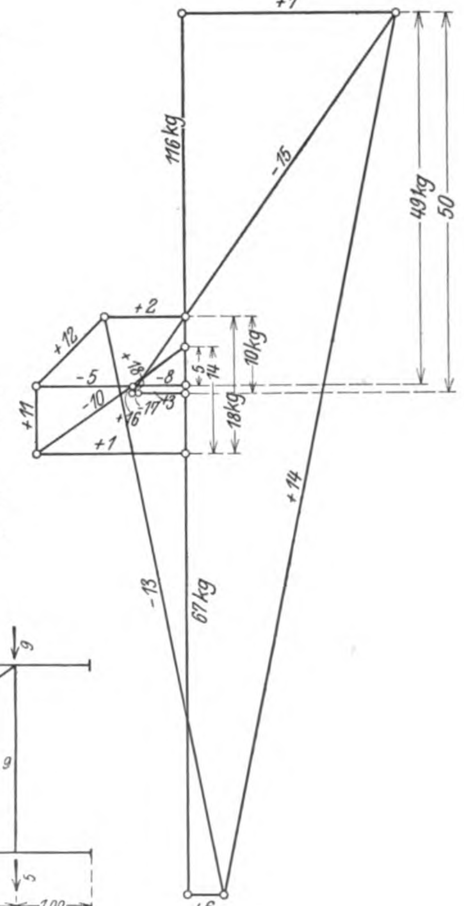


Fig. 11. Zusatzspannkräfte infolge der Stützkraftverbesserungen A_m. 1 kg = 1 mm.

Stab	S_0 (kg)	ΔS_0 (kg)	S (Abgerundet) (kg)
1	− 322	+ 20	− 300
2	− 792	+ 11	− 780
3	− 1125	+ 7	− 1120
5	+ 322	− 20	+ 300
6	+ 862	+ 5	+ 870
7	+ 890	+ 28	+ 920
8	+ 1125	− 7	+ 1120

Man sieht in der Tat, daß die Verbesserungen insbesondere bei den hoch beanspruchten Stäben 2, 3 und 8 sehr gering sind.

Die mit Hilfe dieser verbesserten Spannkräfte berechneten Werte der Feldmomente gibt die folgende Tabelle:

IIb. Feldmomente der Holme bei normaler Last.

Knicksicherheit des Einzelstabes nach Euler:

$$n^0 = \frac{\pi^2 E J}{S s^2}$$

Stab	S (kg)	s (cm)	α	α^0	$\sin\alpha$	$\operatorname{cotg}\alpha$	$g k^2 = \frac{0{,}11065}{S(t)}$	M_A (mt)	M_B (mt)	D_1
1	300	350	1,288	73° 47,9′	+ 0,960	+ 0,291	0,369	0,058	0,025	− 0,311
2	780	300	1,780	101° 59,3′	+ 0,978	− 0,212	0,142	0,032	0,058	− 0,110
3	1120	250	1,777	101° 48,9′	+ 0,979	− 0,209	0,099	0,034	0,032	− 0,065

Stab	D_2	$D_1 \operatorname{cotg}\alpha$	$\frac{D_2}{\sin\alpha}$	$C_2 \cdot S$	$\operatorname{tg}\frac{x}{k}$	$\frac{1}{\cos\frac{x}{k}}$	$D_1 \frac{1}{\cos\frac{x}{k}}$	$M_{\frac{max}{min}}$ (mt)	$\sigma_{\frac{max}{min}}$ [1] (kg/cm²)	n^0
1	− 0,344	− 0,0905	− 0,358	− 0,2675	+ 0,860	1,319	− 0,410	− 0,041	121	5,9
2	− 0,084	+ 0,023	− 0,086	− 0,109	+ 0,992	1,409	− 0,155	− 0,013	81	3,1
3	− 0,067	+ 0,014	− 0,068	− 0,082	+ 1,262	1,610	− 0,105	− 0,006	86	3,1

Stab	S (kg)	s (cm)	α	α^0	Sin α	Tang α	$g k^2 = \frac{0{,}08852}{S(t)}$	M_A (mt)	M_B (mt)	D_1
5	300	250	0,920	—	1,055	0,726	0,295	− 0,037	− 0,036	− 0,332
6	870	100	0,627	—	0,669	0,556	0,102	− 0,036	+ 0,031	− 0,138
7	920	125	0,806	—	0,896	0,667	0,096	+ 0,031	− 0,030	− 0,065
8	1120	150	1,066	—	1,280	0,788	0,079	− 0,030	− 0,030	− 0,109

[1]) In dieser und den folgenden Tabellen einschließlich der Beanspruchung infolge der Achsialkraft S.

Stab	D_2	$\frac{D_1}{\text{Tang}\,\alpha}$	$\frac{D_2}{\text{Sin}\,\alpha}$	$C_2 \cdot S$	$\text{Tang}\,\frac{x}{k}$	$\frac{1}{\text{Cof}\,\frac{x}{k}}$	$D_1 \frac{1}{\text{Cof}\,\frac{x}{k}}$	$M\frac{max}{min}$ (mt)	$\sigma\frac{max}{min}$ (kg/cm²)	n^0
5	– 0,331	– 0,458	– 0,314	– 0,144	+ 0,434	0,901	– 0,299	– 0,004	29	—
6	– 0,071	– 0,248	– 0,106	– 0,142	(+ 1,030)	—	—	—	—	—
7	– 0,126	– 0,097	– 0,141	+ 0,044	(– 0,677)	—	—	—	—	—
8	– 0,109	– 0,138	– 0,085	– 0,053	+ 0,488	0,873	– 0,095	– 0,016	109	—

IIIb. Feldmomente der Holme bei dreifacher Last.

Stab	α	α^0	$\sin\alpha$	$\text{cotg}\,\alpha$	$g k^2$	M_A (mt)	M_B (mt)	D_1	D_2
1	2,231	127° 49,7′	+ 0,790	– 0,776	0,369	+ 0,200	+ 0,075	– 0,169	– 0,294
2	3,084	176° 42,1′	+ 0,0575	– 17,359	0,142	+ 0,075	+ 0,113	– 0,067	+ 0,058
3	3,079	176° 24,8′	+ 0,0626	– 15,962	0,099	+ 0,113	+ 0,075	+ 0,014	– 0,024

Stab	$D_1\,\text{cotg}\,\alpha$	$\frac{D_2}{\sin\alpha}$	$C_2 \cdot S$	$\text{tg}\,\frac{x}{k}$	$\frac{1}{\cos\frac{x}{k}}$	$D_1 \frac{1}{\cos\frac{x}{k}}$	$M_{\frac{max}{min}}$ (mt)	$\sigma_{\frac{max}{min}}$ (kg/cm²)	n^0
1	+ 0,131	– 0,372	– 0,503	+ 2,972	+ 3,134	– 0,530	– 0,161	458	1,98
2	+ 1,163	+ 1,009	– 0,154	+ 2,298	+ 2,506	– 0,168	– 0,026	213	1,02
3	– 0,223	– 0,383	– 0,160	– 11,429	– 11,473	– 0,161	– 0,062	367	1,04

Stab	α	α^0	$\text{Sin}\,\alpha$	$\text{Tang}\,\alpha$	$g k^2$	M_A (mt)	M_B (mt)	D_1	D_2
5	1,593		2,358	0,921	0,295	– 0,112	– 0,116	– 0,407	– 0,411
6	1,086		1,312	0,795	0,102	– 0,116	+ 0,098	– 0,218	– 0,004
7	1,396		1,896	0,885	0,096	+ 0,098	– 0,096	+ 0,002	– 0,192
8	1,846		3,088	0,951	0,079	– 0,096	– 0,096	– 0,175	– 0,175

Stab	$\frac{D_1}{\text{Tang}\,\alpha}$	$\frac{D_2}{\text{Sin}\,\alpha}$	$C_2 \cdot S$	$\text{Tang}\,\frac{x}{k}$	$\frac{1}{\text{Cof}\,\frac{x}{k}}$	$D_1 \frac{1}{\text{Cof}\,\frac{x}{k}}$	$M_{\frac{max}{min}}$ (mt)	$\sigma_{\frac{max}{min}}$ (kg/cm²)	n^0
5	– 0,442	– 0,174		0,659	0,752	– 0,306	– 0,011	84	
6	– 0,274	– 0,003	– 0,271	(+ 1,24)	—	—	—	—	—
7	+ 0,002	– 0,101	+ 0,103	(+ 51,5)	—	—	—	—	
8	– 0,184	– 0,057	– 0,127	0,726	0,688	– 0,120	– 0,041	– 315	—

Die Momentenflächen des Ober- und des Unterholms[1]) für einfache und für dreifache Last sind nun in den Fig. 12, 13, 14, 15 dargestellt, in welchen auch die Momente, wie sie sich ohne Längskräfte (ohne Knickung) ergeben würden (vgl.

[1]) Da positive Momente des Unterholms nach Fig. 7 u. 8 denselben Drehsinn haben wie negative Momente des Oberholms, wurden, um einen besseren Überblick über die Momentenverteilung beider Holme zu ermöglichen, die nach der Rechnung sich ergebenden Vorzeichen der Momente des Unterholms in den Figuren umgedreht.

unter V), vermerkt sind.[1]) Man sieht, daß, während der Einfluß der Knickung bei einfacher Last nur einige Prozent beträgt, dieser Einfluß bei dreifacher Last verhältnismäßig stark anwächst, so daß die Momente stärker als auf das Dreifache wachsen. Die Berechnung der Momente ohne Längskräfte findet sich in Kapitel V.

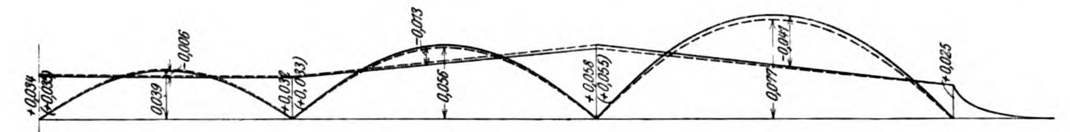


Fig. 12. Momente des Oberholms bei normaler Last.

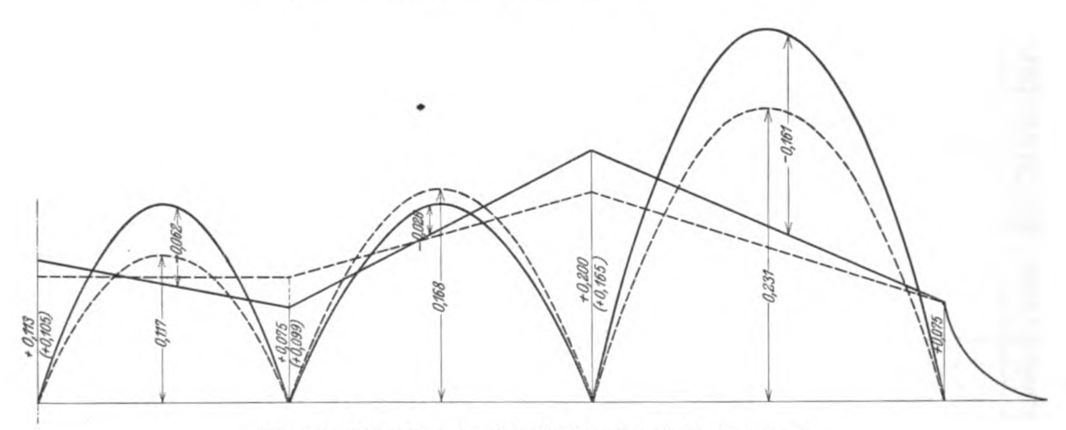


Fig. 13. Momente des Oberholms bei dreifacher Last.

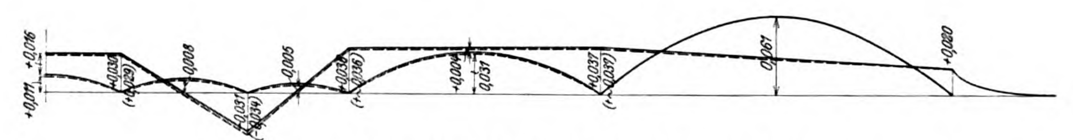


Fig. 14. Momente des Unterholms bei normaler Last.

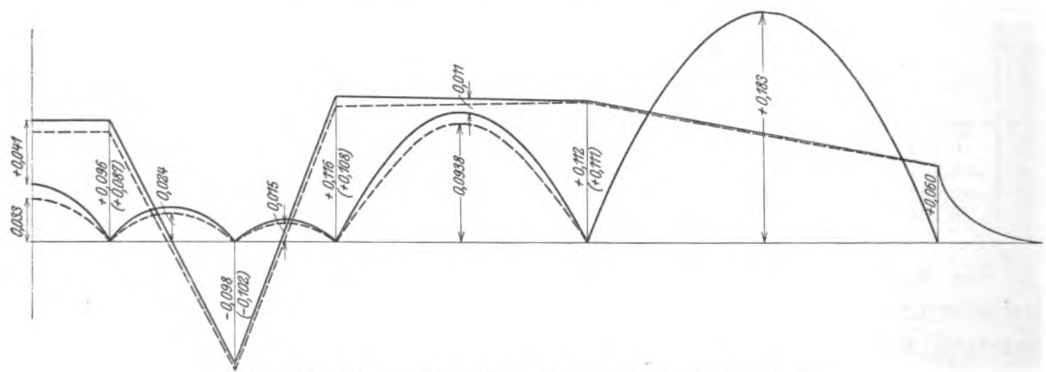


Fig. 15. Momente des Unterholms bei dreifacher Last.

[1]) In allen dargestellten Momentenflächen bezeichnen die ausgezogenen Linien die Momente mit Berücksichtigung der Längskräfte, die punktierten Linien die Momente ohne Knickung; die Zahlen geben die Momente in mt an.

IVa. Berechnung der Knotenmomente des Oberholms für 1,5faches EJ.

Die Trägheitsmomente J der Holme waren so gewählt, daß unter Voraussetzung gelenkiger Knoten in jedem Felde mindestens dreifache Knicksicherheit vorhanden war. Vergrößert man nun die Trägheitsmomente, so werden die Knotenmomente infolge der Durchbiegungen, da ja die Zwängung größer wird, größer, dagegen infolge der Knickung kleiner werden. Es ist lehrreich, dies für eine Vergrößerung der Trägheitsmomente um 50% zahlenmäßig zu verfolgen.

Stab	a_0	$a = \frac{a_0}{\sqrt{1,5}}$	a^0	$\sin a$	$\cos a$	$\operatorname{cotg} a$	$a \operatorname{cotg} a$	ν'
1	1,335	1,090	62° 27,1′	0,887	0,462	0,522	0,569	+ 0,431
2	1,795	1,466	84° 0,3′	0,995	0,104	0,105	0,154	+ 0,846
3	1,782	1,456	83° 25,4′	0,993	0,115	0,115	0,167	+ 0,833

Stab	$\frac{a}{\sin a}$	ν''	$\frac{1-\cos a}{a \sin a}$	ν'''	S · s (mt)	φ'	φ''	$g\frac{s}{S}$	$g\frac{s}{S}\nu'''$
1	1,229	0,229	0,556	0,056	1,127	0,383	0,203	0,544	0,0305
2	1,474	0,474	0,614	0,114	2,376	0,356	0,200	0,190	0,0217
3	1,466	0,466	0,612	0,112	2,812	0,296	0,166	0,111	0,0124

Man erhält demnach folgende Gleichungen zur Bestimmung der Knotenmomente:

$$\underbrace{0{,}025}_{M_0} \cdot 0{,}203 + M_I\,(0{,}383 + 0{,}356) + M_{II} \cdot 0{,}200 = 0{,}0028 + 0{,}0305 + 0{,}0217$$

$$M_I \cdot 0{,}200 + M_{II}\,(0{,}356 + 0{,}296) + M_{III} \cdot 0{,}166 = 0{,}0059 + 0{,}0217 + 0{,}0124$$

$$M_{II} \cdot 2 \cdot 0{,}166 + M_{III} \cdot (2 \cdot 0{,}296) = 0{,}0088 + 2 \cdot 0{,}0124$$

Die Auflösung ergibt:

$M_I = +\,0{,}059$ mt $\quad M_{II} = +\,0{,}0335$ mt $\quad M_{III} = +\,0{,}038$ mt

Es zeigt sich also, daß die Knotenmomente in der Tat größer werden als bei normalem Trägheitsmoment; dagegen werden die Feldmomente kleiner, wie aus der folgenden Tabelle hervorgeht.

IVb. Berechnung der Feldmomente des Oberholms für 1,5faches EJ.

Stab	a_0	$a = \frac{a_0}{1{,}22474}$	a^0	$\sin a$	$\operatorname{cotg} a$	$g\,k^2$	M_A (mt)	M_B (mt)	D_1
1	1,288	1,052	60° 16,5′	0,868	0,571	0,5535	0,059	0,025	– 0,4945
2	1,780	1,454	83° 18,5′	0,993	0,117	0,213	0,0335	0,059	– 0,1795
3	1,777	1,451	83° 8,2′	0,993	0,120	0,1485	0,038	0,0335	– 0,1105

Stab	D_2	$D_1 \cot g\,\alpha$	$\frac{D_2}{\sin\alpha}$	$C_2 \cdot S$	$\operatorname{tg}\frac{x}{k}$	$\frac{1}{\cos\frac{x}{k}}$	$\frac{D_1}{\cos\frac{x}{k}}$	$\frac{M_{max}}{m\,n}$ (mt)
1	− 0,5285	− 0,282	− 0,609	− 0,327	+ 0,661	1,199	− 0,593	− 0,0395
2	− 0,154	− 0,021	− 0,155	− 0,134	+ 0,747	1,248	− 0,224	− 0,011
3	− 0,115	− 0,013	− 0,116	− 0,103	+ 0,932	1,368	− 0,151	− 0,0025

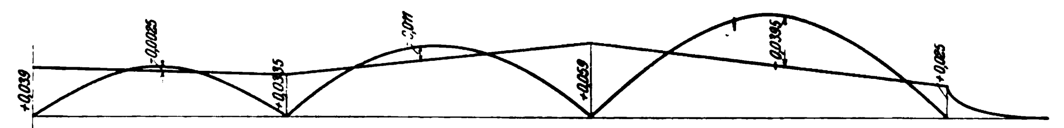


Fig. 16. Momente des Oberholms bei 1,5-fachem EJ.

Bei diesen Verhältnissen ergeben sich also, wie in Fig. 16 dargestellt, nur so geringe Änderungen gegenüber den Momenten bei normalem EJ, daß man den Einfluß einer Änderung der Steifigkeit des Holmes um 50% auf die Momente als unerheblich erklären kann. Die Spannungen jedoch werden natürlich erheblich kleiner.

V. Berechnung der Momente des Ober- und Unterholms ohne Berücksichtigung der Knickkräfte.

Die Clapeyronschen Gleichungen lauten:

$$M_{m-1}\, s_m + 2\, M_m\,(s_m + s_{m+1}) + M_{m+1}\, s_{m+1} = 6\, E\, J \cdot \Delta\vartheta_m + \frac{1}{4} g_m\, s_m^3 + \frac{1}{4} g_{m+1}\, s_{m+1}^3$$

Man erhält:

	Stab	s_m	$g\frac{s^2}{8} = \left\{\begin{matrix} 0{,}00625 \\ \text{bzw. } 0{,}005 \end{matrix}\right\} \cdot s^2$	$g\frac{s^3}{4} = \left\{\begin{matrix} 0{,}0125 \\ \text{bzw. } 0{,}01 \end{matrix}\right\} \cdot s^3$	$\Delta\vartheta_m$	$6\,E\,J$[1] $\Delta\vartheta_m = 13{,}278 \cdot \Delta\vartheta_m$
			Oberholm:			
g = 0,050 t/m	1	3,50	0,077	0,5359	0,0028	0,0372
	2	3,00	0,056	0,3375	0,0059	0,0784
	3	2,50	0,039	0,1953	0,0088	0,1169
			Unterholm:			
g = 0,040 t/m	4	3,50	0,061	0,42875	—	—
	5	2,50	0,031	0,15625	− 0,0010	− 0,0133
	6	1,00	0,005	0,0100	− 0,0107	− 0,1421
	7	1,25	0,008	0,0195	+ 0,0070	+ 0,0929
	8	1,50	0,011	0,03375	− 0,0083	− 0,1102

Es ergeben sich demnach folgende Gleichungen für die Momente:

Oberholm:

$$3{,}50 \cdot \overbrace{+\,0{,}025}^{M_0} + 2\,(3{,}50 + 3{,}00) \cdot M_I + 3{,}00\, M_{II} = 0{,}0372 + 0{,}5359 + 0{,}3375$$

$$3{,}00 \cdot M_I + 2\,(3{,}00 + 2{,}50) \cdot M_{II} + 2{,}50\, M_{III} = 0{,}0784 + 0{,}3375 + 0{,}1953$$

$$2{,}50 \cdot M_{II} + 2\,(2 \cdot 2{,}50) \cdot M_{III} + 2{,}50\, M_{II} = 0{,}1169 + 2 \cdot 0{,}1953$$

[1]) $6\,E\,J = 6 \cdot 1\,000\,000 \cdot 0{,}000002213 = 13{,}278$ tm².

Unterholm:

$$\overbrace{3{,}50\cdot -0{,}020}^{M_0} + 2\ (3{,}50+2{,}50)\,M_{IV} + 2{,}50\cdot M_{IV} = -0{,}0133 - 0{,}4287^5 - 0{,}1562^5$$
$$2{,}50\,M_{IV} + 2\cdot(2{,}50+1{,}00)\,M_V + 1{,}00\cdot M_V = -0{,}1421 - 0{,}1562^5 - 0{,}0100$$
$$1{,}00\,M_V + 2\cdot(1{,}00+1{,}25)\,M_{VI} + 1{,}25\cdot M_{VI} = +0{,}0929 - 0{,}0100 - 0{,}0195$$
$$1{,}25\,M_{VI} + 2\cdot(1{,}25+1{,}50)\,M_{VII} + 1{,}50\cdot M_{VII} = -0{,}1102 - 0{,}0195 - 0{,}0337^5$$

Die Auflösung ergibt:

$M_I = +0{,}055$ mt
$M_{II} = +0{,}033$ „
$M_{III} = +0{,}035$ „

$M_{IV} = -0{,}037$ mt
$M_V = -0{,}036$ „
$M_{VI} = +0{,}034$ „
$M_{VII} = -0{,}029$ „

VI. Berechnung der Momente für $\Delta\vartheta_m = 0$, d. h. für vollkommen starre Diagonalen.

Wie schon oben bemerkt, ist aus dem Verschiebungsplan (Fig. 5) zu sehen, daß die mehr oder weniger große Dehnung der Diagonalen einen großen Einfluß auf die Durchbiegungen δ und damit auf die Biegungsmomente hat. Man erkennt dies genauer, wenn man einmal die Durchbiegungen Null setzt.

VIa. Knotenmomente.

Die Gleichungen lauten (nach S. 13):

Oberholm:

$$\overbrace{0{,}332\cdot 0{,}025}^{M_0} + 1{,}196\,M_I + 0{,}354\,M_{II} = 0{,}0484 + 0{,}0377$$
$$0{,}354\,M_I + 1{,}084\,M_{II} + 0{,}293\,M_{III} = 0{,}0377 + 0{,}0215$$
$$0{,}293\,M_{II} + 0{,}491\,M_{III} = 0{,}0215$$

Unterholm:

$$0{,}881\,M_{IV} + 0{,}170\,M_V = -0{,}0270 - 0{,}0106$$
$$0{,}170\,M_{IV} + 0{,}500\,M_V + 0{,}072\,M_{VI} = -0{,}0106 - 0{,}0007$$
$$0{,}072\,M_V + 0{,}327\,M_{VI} + 0{,}088\,M_{VII} = -0{,}0007 - 0{,}0014$$
$$0{,}088\,M_{VI} + 0{,}491\,M_{VII} = -0{,}0014 - 0{,}0023$$

Die Auflösung ergibt:

$M_I = +0{,}0565$ mt
$M_{II} = +0{,}029$ „
$M_{III} = +0{,}026$ „

$M_{IV} = -0{,}041$ mt
$M_V = -0{,}008$ „
$M_{VI} = -0{,}003$ „
$M_{VII} = -0{,}007$ „

VIb. Feldmomente:

Stab	a	a^0	$\sin a$	$\operatorname{cotg} a$	$g\,k^2$	M_A (mt)	M_B (mt)	D_1	D_2
1	1,288	73° 47,9′	+ 0,960	+ 0,291	0,369	0,056	0,025	− 0,312	− 0,344
2	1,780	101° 59,3′	+ 0,978	− 0,212	0,142	0,029	0,056	− 0,113	− 0,085
3	1,777	101° 48,9′	+ 0,979	− 0,209	0,099	0,026	0,029	− 0,073	− 0,070

Stab	$D_1 \cot g\, \alpha$	$\frac{D_2}{\sin \alpha}$	$C_2 \cdot S$	$\operatorname{tg} \frac{x}{k}$	$\frac{1}{\cos \frac{x}{k}}$	$\frac{D_1}{\cos \frac{x}{k}}$	$M_{\frac{max}{min}}$ (mt)	$\sigma_{\frac{max}{min}}$ (kg/cm²)
1	− 0,091	− 0,358	− 0,267	+ 0,854	+ 1,315	− 0,411	− 0,042	124
2	+ 0,024	− 0,087	− 0,111	+ 0,982	+ 1,402	− 0,159	− 0,017	91
3	+ 0,015	− 0,071	− 0,086	+ 1,185	+ 1,551	− 0,113	− 0,014	106

Stab	α	α^0	$\mathfrak{Sin}\, \alpha$	$\mathfrak{Tang}\, \alpha$	$g k^2$	M_A (mt)	M_B (mt)	D_1	D_2
5	0,920	—	1,055	0,726	0,295	− 0,041	− 0,008	− 0,336	− 0,303
6	0,627	—	0,669	0,556	0,102	− 0,008	− 0,003	− 0,110	− 0,105
7	0,806	—	0,896	0,667	0,096	− 0,003	− 0,007	− 0,099	− 0,103
8	1,066	—	1,280	0,788	0,079	− 0,007	− 0,007	− 0,086	− 0,086

Stab	$\frac{D_1}{\mathfrak{Tang}\, \alpha}$	$\frac{D_2}{\mathfrak{Sin}\, \alpha}$	$C_2 \cdot S$	$\mathfrak{Tang} \frac{x}{k}$	$\frac{1}{\mathfrak{Cof} \frac{x}{k}}$	$\frac{D_1}{\mathfrak{Cof} \frac{x}{k}}$	$M_{\frac{max}{min}}$ (mt)	$\sigma_{\frac{max}{min}}$ (kg/cm²)
3	− 0,463	− 0,287	− 0,176	+ 0,524	0,852	− 0,286	+ 0,009	41
6	− 0,198	− 0,149	− 0,049	+ 0,445	0,896	− 0,099	+ 0,003	63
7	− 0,148	− 0,115	− 0,033	+ 0,333	0,943	− 0,093	+ 0,003	66
8	− 0,109	− 0,067	− 0,042	+ 0,488	0,873	− 0,076	+ 0,003	79

Fig. 17. Momente des Oberholms für vollkommen starre Diagonalen ($\Delta \vartheta_m = 0$).

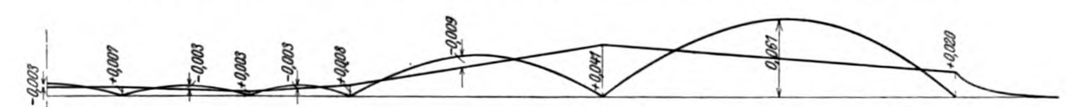


Fig. 18. Momente des Unterholms für vollkommen starre Diagonalen ($\Delta \vartheta_m = 0$).

Die hiernach gezeichneten Momentenflächen (Fig. 17, 18) zeigen, daß besonders der Untergurt empfindlich gegen die Längung der Diagonalen ist, und zwar derjenigen Diagonalen (12 und 15), die an den Knotenpunkten der kurzen Feldweiten angreifen. Dehnbare Kabel geben eben große Winkeländerungen $\Delta \vartheta$, und diese verursachen um so stärkere Zwängung, je kürzer die Felder sind.

VII. Beanspruchungen in den Knoten.

Aus den Momentenflächen lassen sich nun durch Zusammenwirkung von Längskraft S und Biegungsmoment M die Spannungen $\sigma = \frac{S}{F} + \frac{M}{W}$ an jedem Punkt der Holme berechnen, wie sie für eine Reihe von Punkten in den folgenden Tabellen berechnet und in den Fig. 19, 20, 21, 22 veranschaulicht sind.

Da nach S. 8 in den Knoten $\left\{ \begin{array}{l} F' = 18{,}0 \text{ cm}^2 \\ W' = 44{,}23 \text{ cm}^3 \end{array} \right\}$, erhält man folgende Werte für die Beanspruchung in kg/cm² (+ Zug, — Druck; die fett gedruckten Zahlen

bezeichnen die höchsten überhaupt auftretenden Holmbeanspruchungen, die eingeklammerten Werte die nicht in Betracht kommenden Randspannungen der unmittelbar links und rechts vom Knoten liegenden Querschnitte).

Normale Last:

Knoten	$\sigma_B = \pm \frac{M}{W'}$	$\sigma^{links} = \frac{S_{links}}{F'}$	$\sigma^{rechts} = \frac{S_{rechts}}{F'}$	σ^{links}_{max}	σ^{rechts}_{max}
0	$\pm \frac{2500}{44,23} = \pm 57$	$- \frac{300}{18,0} = - 17$	0	− 74 (+ 40)	± 57
I	$\pm \frac{5800}{44,23} = \pm 131$	$- \frac{780}{18,0} = - 43$	− 17	− **174** (+ 88)	− 148 (+ 114)
II	$\pm \frac{3200}{44,23} = \pm 73$	$- \frac{1120}{18,0} = - 62$	− 43	− 135 (+ 11)	− 116 (+ 30)
III	$\pm \frac{3400}{44,23} = \pm 77$	$- \frac{1120}{18,0} = - 62$	− 62	− 139 (+ 15)	− 139 (+ 15)
0′	$\pm \frac{2000}{44,23} = \pm 45$	0	0	± 45	± 45
IV	$\pm \frac{3700}{44,23} = \pm 84$	$+ \frac{300}{18,0} = + 17$	0	+ 101 (− 67)	± 84
V	$\pm \frac{3600}{44,23} = \pm 81$	$+ \frac{870}{18,0} = + 48$	+ 17	+ 129 (− 33)	+ 98 (− 64)
VI	$\pm \frac{3100}{44,23} = \pm 70$	$+ \frac{920}{18,0} = + 51$	+ 48	+ 121 (− 19)	+ 118 (− 22)
VII	$\pm \frac{3000}{44,23} = \pm 68$	$+ \frac{1120}{18,0} = + 62$	+ 51	+ **130** (− 6)	+ 119 (− 17)

Dreifache Last:

Knoten	$\sigma_B = \pm \frac{M}{W'}$	$\sigma^{links} = \frac{S_{links}}{F'}$	$\sigma^{rechts} = \frac{S_{rechts}}{F'}$	σ^{links}_{max}	σ^{rechts}_{max}	m[1] links	m[1] rechts
0	$\pm \frac{3 \cdot 2500}{44,23} = \pm 170$	$- \frac{3 \cdot 300}{18,0} = - 50$	0	− 220 (+ 120)	± 170	3,0	
I	$\pm \frac{20\,000}{44,23} = \pm 452$	$- \frac{3 \cdot 780}{18,0} = - 130$	− 50	− **582** (+ 322)	− **502** (+ 402)	3,35	3,39
II	$\pm \frac{7500}{44,23} = \pm 170$	$- \frac{3 \cdot 1120}{18,0} = - 185$	− 130	− 355 (− 15)	− 300 (+ 40)	2,63	2,59
III	$\pm \frac{11\,300}{44,23} = \pm 258$	$- \frac{3 \cdot 1120}{18,0} = - 185$	− 185	− 443 (+ 73)	− 443 (+ 73)	3,19	3,19
0′	$\pm \frac{3 \cdot 2000}{44,23} = \pm 136$	0	0	± 136	± 136	3,0	
IV	$\pm \frac{11\,200}{44,23} = \pm 253$	$+ \frac{3 \cdot 300}{18,0} = + 50$	0	+ 303 (− 203)	± 253	~ 3,0	
V	$\pm \frac{11\,600}{44,23} = \pm 262$	$+ \frac{3 \cdot 870}{18,0} = + 145$	+ 50	+ **407** (− 117)	+ 312 (− 212)	3,15	3,19
VI	$\pm \frac{9800}{44,23} = \pm 222$	$+ \frac{3 \cdot 920}{18,0} = + 153$	+ 145	+ 375 (− 69)	+ 367 (− 77)	3,10	3,11
VII	$\pm \frac{9600}{44,23} = \pm 217$	$+ \frac{3 \cdot 1120}{18,0} = + 185$	+ 153	+ 402 (− 32)	+ 370 (− 64)	3,09	3,11

[1] $m = \frac{\sigma_{\text{dreifache Last}}}{\sigma_{\text{normale Last}}}$.

Diese Spannungsverteilung wurde in den folgenden Fig. 19, 20, 21, 22 aufgetragen.



Fig. 19. Gesamtbeanspruchungen des Oberholms bei normaler Last in kg/cm².

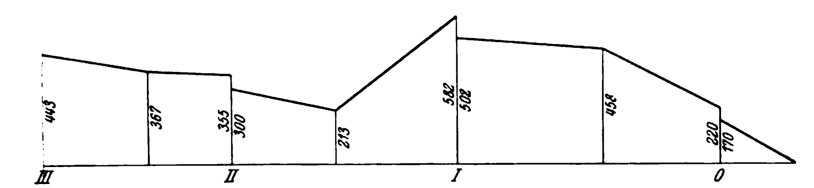


Fig. 20. Gesamtbeanspruchungen des Oberholms bei dreifacher Last in kg/cm².

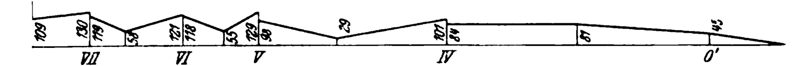


Fig. 21. Gesamtbeanspruchungen des Unterholms bei normaler Last in kg/cm².

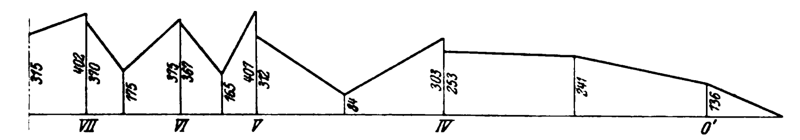


Fig. 22. Gesamtbeanspruchungen des Unterholms bei dreifacher Last in kg/cm².

Wie schon früher bemerkt, wachsen infolge der Knickungsbiegung die Spannungen nicht proportional mit den Belastungen. In diesem Beispiel zeigt sich dies besonders in den Knotenpunkten I, III und V. So tritt z. B. in Punkt I ein Anwachsen der Spannung auf das 3,4-fache ein. Man wird also, wenn man z. B. wirkliche 4-fache Sicherheit haben will, die zulässige Spannung um etwa 15% ermäßigen müssen. Übrigens haben die Verf. auch andere Fälle (größerer Spannweite) durchgerechnet, bei denen das Anwachsen der Spannung über den proportionalen Betrag erheblich höher (auf 4,5) war. Man verabsäume also gerade bei größeren Systemen nicht, diesen Einfluß der Knickungsbiegung zu verfolgen, noch besser für ein weiteres Vielfaches der Last, etwa noch das Vierfache.

VIII. Knicksicherheit des Oberholms als Ganzes.

Die Trägheitsmomente des Oberholms waren zunächst unter Voraussetzung gelenkiger Knoten in jedem Felde mit mindestens dreifacher Knicksicherheit gerechnet, die so klein zugelassen wurde, weil mit der günstigen Wirkung des biegungsfesten Durchlaufens der Holme über die Knotenpunkte gerechnet wurde. Es entsteht die Frage, wie groß die Knicksicherheit nun bei genauerer Rechnung sich herausstellt.

Ist in jedem Felde gleiche Knicksicherheit vorhanden, so wird beim Ausknicken eine Biegungslinie mit Wendepunkten, also verschwindenden Momenten an jedem Knoten auftreten. Bei verschiedenen Knicksicherheiten dagegen werden

nicht grade an jedem Knotenpunkt Wendepunkte der Biegungslinie eintreten, vielmehr dürfen nicht alle Knotenmomente verschwinden.

Bei nicht gleicher Knickfestigkeit aller Felder wird das Ausknicken vielmehr erst eintreten, wenn die Gleichungen der Biegungslinien und damit auch die erweiterten Clapeyronschen Gleichungen (S. 11) auch dann eine von Null verschiedene Lösung haben, also auch dann Biegungsmomente über den Knoten ergeben, wenn keine Querbelastung und keine Durchbiegungen vorhanden sind. Die Gleichungen lauten dann:

$$\begin{array}{llll} \underbrace{M_0 \psi_1''}_{=0} + M_I (\psi_1' + \psi_2') + M_{II} \psi_2'' & & & = 0 \\ M_{II} \psi_2'' & + M_{II} (\psi_2' + \psi_3') + M_{III} \psi_3'' & & = 0 \\ & M_{II} (2 \psi_3'') & + M_{III} (2 \psi_3') & = 0 \end{array}$$

Sie ergeben dann eine von Null verschiedene Lösung für die Knotenmomente M, wenn die Nennerdeterminante verschwindet. Diese lautet bekanntlich:

$$\frac{1}{2} D = \begin{vmatrix} \psi_1' + \psi_2' & \psi_2'' & 0 \\ \psi_2'' & \psi_2' + \psi_3' & \psi_3'' \\ 0 & \psi_3'' & \psi_3' \end{vmatrix} = (\psi_1' + \psi_2') \cdot [(\psi_2' + \psi_3') \psi_3' - \psi_3''^2] - \psi_3' \psi_2''^2.$$

Bezeichnet man mit n den Vervielfachungsfaktor der Belastung, so sind die Werte ψ und damit auch die Determinante D Funktionen von n. Es ist dann dasjenige n zu suchen, für welches $D = 0$ wird. Man findet dieses n durch Probieren sehr schnell.

Hier ist z. B. D für $n = 3$ und für $n = 4$ berechnet worden. Zufällig liegt der Punkt $D = 0$ schon ganz dicht bei $n = 4$. Wäre dies nicht der Fall, so hätte man durch die Punkte $n = 3$ und $n = 4$, $n = 5$ eine Kurve legen und deren Schnittpunkt mit der n-Achse bestimmen können.

a) Dreifache Last:

$$\psi_1' = 0{,}922; \quad \psi_1'' = 0{,}632 \qquad \frac{1}{2} D = 14{,}450\,[19{,}130 \cdot 5{,}602 - 5{,}376^2]$$

$$\psi_2' = 13{,}528; \quad \psi_2'' = 13{,}239 \qquad - 5{,}602 \cdot 13{,}239^2$$

$$\psi_3' = 5{,}602; \quad \psi_3'' = 5{,}376 \qquad D = + \mathbf{298{,}12}$$

b) Vierfache Last:

a	a^0	$\sin a$	$\operatorname{cotg} a$	$a \operatorname{cotg} a$	ν'	$\frac{a}{\sin a}$	ν''	$S \cdot s$ (mt)	ψ'	ψ''
2,670	152° 58,6′	+ 0,457	− 1,961	− 5,236	+ 6,236	+ 5,842	+ 4,842	4,508	+ 1,383	+ 1,074
3,590	205° 41,4′	− 0,433	+ 2,079	+ 7,463	− 6,463	− 8,291	− 9,291	9,504	− 0,681	− 0,978
3,564	204° 12,4′	− 0,410	+ 2,224	+ 7,926	− 6,926	− 8,693	− 9,693	11,250	− 0,616	− 0,862

$$\frac{1}{2} D = 0{,}702 \cdot [+ 1{,}297 \cdot 0{,}616 - 0{,}862^2] + 0{,}616 \cdot 0{,}978^2$$

$$D = + \mathbf{1{,}256}.$$

Es zeigt sich also, daß die Kontinuität des Holmes in diesem Falle die Knicksicherheit von 3 auf 4 steigert.

IX. Biegungsmomente der Holme infolge exzentrischen Anschlusses der Diagonalen.

In der vorhergehenden Rechnung war vorausgesetzt, daß die Diagonalen zentrisch an die Holme angeschlossen sind. Aus konstruktiven Gründen wird dies jedoch oft nicht der Fall sein, vielmehr wird das System die in Fig. 23 dargestellte Anordnung zeigen, und deshalb soll im folgenden der Einfluß eines exzentrischen Anschlusses der Diagonalen auf die Biegungsmomente der Holme untersucht werden.

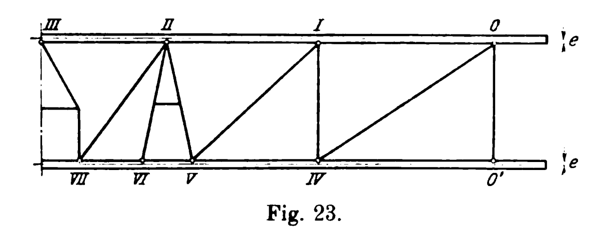


Fig. 23.

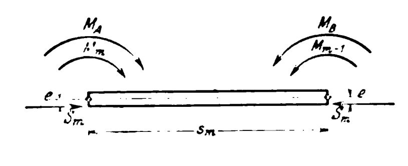


Fig. 24.

a) Oberholm:

Da von dem angrenzenden Felde erstens das innere Biegungsmoment M_m übertragen wird und zweitens das Moment $S_m e$ der in dem betrachteten Felde herrschenden Längskraft infolge der Exzentrizität entsteht, erhält man nach Fig. 24:

$$M_A = M_m - S_m \cdot e$$
$$M_B = M_{m-1} - S_m \cdot e$$

In den Clapeyronschen Gleichungen ist demnach statt der Momente M_m der Wert $M_m - S_m \cdot e$ zu setzen und man erhält daher, wenn man zunächst den Einfluß der Knickung unberücksichtigt läßt und die Exzentrizität überall gleich e annimmt, folgende Gleichungen zur Bestimmung der Knotenmomente infolge der Exzentrizität allein:

$$M_{m-1}\, s_m + 2\, M_m (s_m + s_{m+1}) + M_{m+1}\, s_{m+1} = e\, [S_m (2 s_m + s_m) + S_{m+1} (2 s_{m+1} + s_{m+1})]$$
$$= 3\, e\, [S_m\, s_m + S_{m+1}\, s_{m+1}]$$

Da die Werte $S_m s_m$ bereits S. 12 berechnet sind, erhält man:

$$2\, M_I \;\; (3{,}50 + 3{,}00) + M_{II} \cdot 3{,}00 = 3\, e\, (1{,}127 + 2{,}376)$$
$$M_I \cdot 3{,}00 + 2\, M_{II} \; (3.00 + 2{,}50) + M_{III} \cdot 2{,}50 = 3\, e\, (2{,}376 + 2.8125)$$
$$M_{II} \cdot 2.50 + 2\, M_{III} \cdot 2 \cdot 2{,}50 \qquad = 3\, e \cdot 2 \cdot 2{,}8125$$

oder:

$$13{,}0\, M_I \; + 3{,}0\, M_{II} = e \cdot 10.509$$
$$3{,}0\, M_I + 11{,}0\, M_{II} + 2{,}5\, M_{III} = e \cdot 15.5655$$
$$2{,}5\, M_{II} + \; 5{,}0\, M_{III} + \qquad = e \cdot \; 8{,}4375$$

Die Auflösung ergibt:

$$\mathbf{M_I = + e \cdot 0{,}581\, mt; \quad M_{II} = + e \cdot 0{,}985\, mt; \quad M_{III} = + e \cdot 1{,}195\, mt.}$$

(Hierin ist e, um die Momente in mt zu erhalten, in m einzusetzen.)

b) Unterholm:

Nach Fig. 25 wird:

$$M_A = M_{m-1} + S_m \cdot e$$
$$M_B = M_m \quad + S_m \cdot e$$

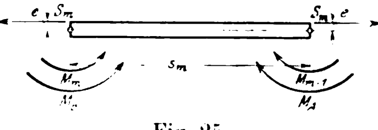


Fig. 25.

Ohne Berücksichtigung der Knickung erhält man demnach folgende allgemeine Gleichung zur Bestimmung der allein durch die Exzentrizität hervorgerufenen Momente:

$$M_{m-1} s_m + 2 M_m (s_m + s_{m+1}) + M_{m+1} s_{m+1} = - e [S_m (2 s_m + s_m) + S_{m+1} (2 s_{m+1} + s_{m+1})]$$
$$= - 3 e [S_m s_m + S_{m+1} s_{m+1}]$$

Nach S. 13 ergibt sich demnach, da $M_{VII} = M_{VIII}$, $S_4 = 0$:

$$2 M_{IV} (3{,}50 + 2{,}50) + M_V \cdot 2{,}50 = - 3 e \cdot (\quad + 0{,}805)$$
$$M_{IV} \cdot 2{,}50 + 2 M_V (2{,}50 + 1{,}00) + M_{VI} \cdot 1{,}00 = - 3 e \cdot (0{,}805 + 0{,}862)$$
$$M_V \cdot 1{,}00 + 2 M_{VI} (1{,}00 + 1{,}25) + M_{VII} \cdot 1{,}25 = - 3 e \cdot (0{,}862 + 1{,}1125)$$
$$M_{VI} \cdot 1{,}25 + 2 M_{VII} (1{,}25 + 1{,}50) + M_{VIII} \cdot 1{,}50 = - 3 e \cdot (1{,}1125 + 1{,}6875)$$

oder:

$$12{,}0 M_{IV} + 2{,}5 M_V = - e \cdot 2{,}4150$$
$$2{,}5 M_{IV} + 7{,}0 M_V + 1{,}0 M_{VI} = - e \cdot 5{,}0001$$
$$1{,}0 M_V + 4{,}5 M_{VI} + 1{,}25 M_{VII} = - e \cdot 5{,}9235$$
$$1{,}25 M_{VI} + 7{,}0 M_{VII} = - e \cdot 8{,}4000$$

Die Auflösung ergibt:

$$\mathbf{M_{IV} = - e \cdot 0{,}085\ mt; \quad M_{VI} = - e \cdot 0{,}904\ mt}$$
$$\mathbf{M_V = - e \cdot 0{,}556\ mt; \quad M_{VII} = - e \cdot 1{,}039\ mt.}$$

Bisher war der Einfluß der Knickung bei Berechnung der Momente infolge der exzentrischen Anschlüsse unberücksichtigt geblieben. Will man auch diesen berücksichtigen, so ergeben sich zur Bestimmung der Knotenmomente folgende erweiterte Clapeyronsche Gleichungen.

a) Oberholm:

$$M_{m-1} \psi''_m + M_m (\psi'_m + \psi''_m) + M_{m+1} \psi''_{m+1} = + e [S_m (\psi'_m + \psi''_m) + S_{m+1} (\psi'_{m+1} + \psi''_{m+1})].$$

Die Werte $S_m (\psi'_m + \psi''_m)$ gibt folgende Tabelle: (vgl. S. 12.)

Stab	ψ'_m	ψ''_m	$\psi'_m + \psi''_m$	S_m (t)	$S_m (\psi'_m + \psi''_m)$
1	0,603	0,332	0,935	0,322	0,3011
2	0,593	0,354	0,947	0,792	0,7500
3	0,491	0,293	0,784	1,125	0,8820

Man erhält somit folgende Gleichungen zur Bestimmung der allein durch die Exzentrizität e hervorgerufenen Knotenmomente:

$$M_I \cdot (0{,}603 + 0{,}593) + M_{II}\, 0{,}354 = + e (0{,}3011 + 0{,}7500)$$
$$M_I \cdot 0{,}354 + M_{II} \cdot (0{,}593 + 0{,}491) + M_{III}\, 0{,}293 = + e (0{,}7500 + 0{,}8820)$$
$$M_{II} \cdot 2 \cdot 0{,}293 + M_{III} \cdot 2 \cdot 0{,}491 = + e \cdot 2 \cdot 0{,}8820$$

Die Auflösung ergibt folgende Werte:

$$\mathbf{M_I = + e \cdot 0{,}587\ mt; \quad M_{II} = + e \cdot 0{,}988\ mt; \quad M_{III} = + e \cdot 1{,}207\ mt.}$$

b) Unterholm:

Es gelten folgende allgemeine Gleichungen zur Bestimmung der durch die Exzentrizität allein hervorgerufenen Knotenmomente:

$$M_{m-1} \psi''_m + M_m (\psi'_m + \psi'_{m+1}) + M_{m+1} \psi'_{m+1} = - e [S_m (\psi_m + \psi''_m) + S_{m+1} (\psi'_{m+1} + \psi''_{m+1})].$$

Die Werte $S_m(\psi_m + \psi''_m)$ sind in folgender Tabelle zusammengestellt (vgl. S. 13):

Stab	ψ'_m	ψ''_m	$\psi'_m + \psi''_m$	S_m (t)	$S_m(\psi'_m + \psi''_m)$
5	0,354	0,170	0,524	0,322	0,1687
6	0,146	0,072	0,218	0,862	0,1879
7	0,181	0,088	0,269	0,890	0,2394
8	0,210	0,100	0,310	1,125	0,34875

Demnach ergibt sich, da: $M_{VII} = M_{VIII}$:

$$M_{IV}\,(0{,}527 + 0{,}354) + M_V \cdot 0{,}170 = -e\cdot(0{,}1687)$$
$$M_{IV}\cdot 0{,}170 + M_V\,(0{,}354 + 0{,}146) + M_{VI}\cdot 0{,}072 = -e\cdot(0{,}1687 + 0{,}1879)$$
$$M_V\cdot 0{,}072 + M_{VI}\,(0{,}146 + 0{,}181) + M_{VII}\cdot 0{,}088 = -e\cdot(0{,}1879 + 0{,}2394)$$
$$M_{VI}\cdot 0{,}088 + M_{VII}\,(0{,}181 + 0{,}210 + 0{,}100) = -e\cdot(0{,}2394 + 0{,}34875)$$

oder:

$$0{,}881\,M_{IV} + 0{,}170\,M_V = -e\cdot 0{,}1687$$
$$0{,}170\,M_{IV} + 0{,}500\,M_V + 0{,}072\,M_{VI} = -e\cdot 0{,}3566$$
$$0{,}072\,M_V + 0{,}327\,M_{VI} + 0{,}088\,M_{VII} = -e\cdot 0{,}4273$$
$$0{,}088\,M_{VI} + 0{,}491\,M_{VII} = -e\cdot 0{,}58815$$

Die Auflösung zeigt folgende Werte:

$$\mathbf{M_{IV} = -e\cdot 0{,}084\,mt; \quad M_{VI} = -e\cdot 0{,}907\,mt}$$
$$\mathbf{M_V = -e\cdot 0{,}559\,mt; \quad M_{VII} = -e\cdot 1{,}035\,mt.}$$

Bei einer Berechnung der maximalen Feldmomente nach der früher verwandten Methode, die wir hier nicht mitteilen, zeigt sich, daß auf diese die Exzentrizität wenig Einfluß hat. Dies hat seinen Grund einerseits darin, daß sich die Stelle des gefährlichen Querschnitts infolge der Exzentrizität nur wenig verschiebt, andererseits in der besonderen Form der in Fig. 26 und 27 dargestellten Momentenfläche, aus der hervorgeht, daß in der Nähe des gefährlichen Querschnitts überhaupt nur absolut kleine Momente infolge der Exzentrizität auftreten.

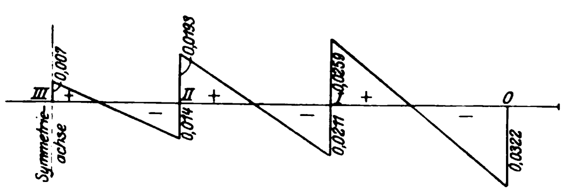


Fig. 26. Momente des Oberholms infolge einer Exzentrizität der Knoten von 0,1 m (in mt).

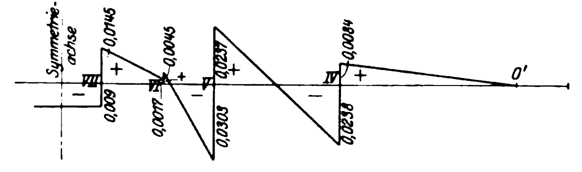


Fig. 27. Momente des Unterholms infolge einer Exzentrizität der Knoten von 0,1 m (in mt).

Gleichzeitig beweist die vorstehende Rechnung, daß die Knickung nur einen sehr geringen, praktisch ganz verschwindenden Einfluß auf die infolge der Exzentrizität hervorgerufenen Momente besitzt, und daß es daher vollkommen genügt, diese nach den einfachen Clapeyronschen Gleichungen zu bestimmen.

In Fig. 26 und 27 sind die durch eine Exzentrizität von 0,1 m allein entstehenden Momente graphisch veranschaulicht. In den Knoten selbst wurden die Differenzen zwischen den inneren Knotenmomenten M_m, welche keine mechanische, sondern nur rechnerische Bedeutung haben, und den durch die Längskräfte hervorgerufenen Momenten $S_m \cdot e$ bzw. $S_{m+1} \cdot e$ nach folgender Tabelle aufgetragen:

Oberholm:

Knoten	M_m	$S_m \cdot e$	$S_{m+1} \cdot e$	$M_m - S_m \cdot e$	$M_m - S_{m+1} \cdot e$
I	+ 0,0581	+ 0,0322	+ 0,0792	+ 0,0259	— 0,0211
II	+ 0,0985	+ 0,0792	+ 0,1125	+ 0,0193	— 0,0140
III	+ 0,1195	+ 0,1125	+ 0,1125	+ 0,007	+ 0,007

Unterholm:

Knoten	M_m	$S_m \cdot e$	$S_{m+1} \cdot e$	$M_m + S_m \cdot e$	$M_m + S_{m+1} \cdot e$
IV	— 0,0084	0	+ 0,0322	— 0,0084[1]	+ 0,0238
V	— 0,0559	+ 0,0322	+ 0,0862	— 0,0237	+ 0,0303
VI	— 0,0907	+ 0,0862	+ 0,0890	— 0,0045	— 0,0017
VII	— 0,1035	+ 0,0890	+ 0,1125	— 0,0145	+ 0,0090

Die Knotenpunkte I (der zweite von außen im Obergurt) und V (der dritte von außen im Untergurt) erfahren die größten Biegungsmomente, z. B. $\frac{0,0259}{2}$ mt und $\frac{0,0303}{2}$ mt für 5 cm Exzentrizität. Ein Vergleich mit der Momentenfläche normaler Last bei zentrischen Knotenanschlüssen Fig. 12 läßt erkennen, daß die Biegungsmomente durch die konstruktiv wahrscheinliche Exzentrizität von 5 cm um 22,5 % bzw. 40 % vergrößert werden. Die Gesamtspannungen (Tabelle S. 23) wachsen dann um 17 % bzw. 25 %. Die Zusatzspannungen infolge exzentrischer Anschlüsse sind also wohl zu beachten und es lohnt sich durchaus, die Konstruktion der Kabelanschlüsse so einzurichten, daß der Schnittpunkt von Kabel und Vertikale nahe an der Holmachse liegen. Die in letzter Zeit üblichen Glockenkonstruktionen der Knotenpunkte lassen dies Bestreben vermissen.

Untersuchung zweier Eindecker von verschiedener Bauhöhe.

Im folgenden sollen zwei Eindecker der gleichen Spannweite von 16 m und der gleichen Knicksicherheit, deren Systemhöhen jedoch verschieden — 2,00 m bzw. 1,50 m — sind, untersucht werden, und zwar in derselben Weise wie vorstehend. Als Belastung wird für beide Systeme eingeführt: Gesamtlast etwa 1200 kg, davon $^3/_4$ = 900 kg auf die hintere Holmtragwand und demnach

gleichmäßig verteilte Luftkräfte	55 kg/m
,, ,, Gewichte	—5 ,,
Knotenpunktsgewichte gleichwertig mit	—5 ,,
wirksame Belastung	45 kg/m

[1]) Vgl. Anm. S. 17.

A. System von 2,0 m Höhe.

I. Berechnung der Spannkräfte und der Winkeländerungen unter Voraussetzung gelenkiger Knotenpunkte.

Unter den obigen Annahmen ergeben sich die in Fig. 28 angegebenen Knotenpunktsbelastungen und aus diesen die folgenden Spannkräfte:

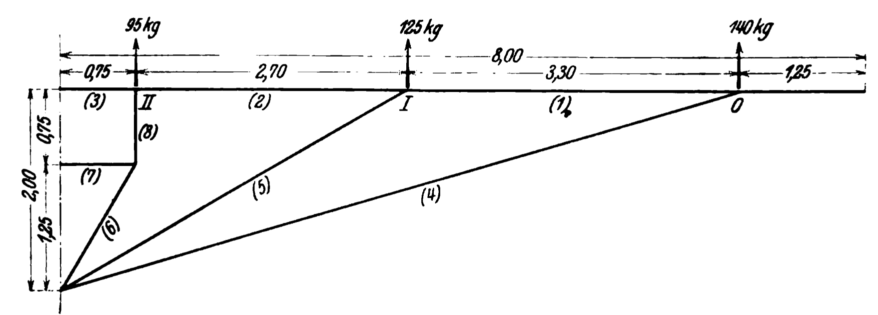


Fig. 28. Belastungsschema des Eindeckers von 2,00 m Systemhöhe.

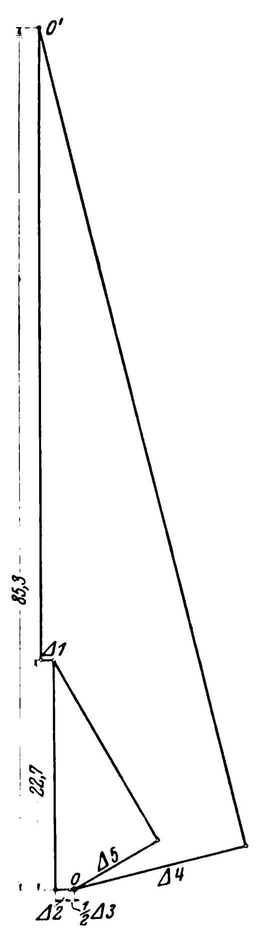


Fig. 29. Verschiebungsplan.

$$S_1 = 140 \cdot \frac{6,75}{2,00} = - \sim 475\,\text{kg}$$

$$S_2 = S_3 = - \frac{140 \cdot 6,75 + 125 \cdot 3,45}{2,00} = - 690\,\text{kg}$$

$$S_4 = + 140 \cdot \frac{\sqrt{675^2 + 2,00^2}}{2,00} = + 495\,\text{kg}$$

$$S_5 = + 125 \cdot \frac{\sqrt{345^2 + 2,00^2}}{2,00} = + 250\,\text{kg}$$

Für den Querschnitt des Holms werde gewählt:

das Trägheitsmoment in bezug auf die wagerechte Achse $J_x = 172,1\,\text{cm}^4$
in bezug auf die senkrechte Achse $J_y = 47,4\,\text{cm}^4$;
der Flächeninhalt $F = 12,4\,\text{cm}^2$,
das Widerstandsmoment $W = 34,4\,\text{cm}^3$;
der Elastizitätsmodul $E = 100\,000$ kg/qcm (Holz);

$$\sqrt{EJ} = \sqrt{100\,000 \cdot 172,1} = 4148,5.$$

In den Knoten wird der Querschnitt beiderseits verstärkt, so daß:

$$W' = 41,09\,\text{cm}^3$$
$$F' = 16,44\,\text{cm}^2.$$

Die mitgeteilten Werte entsprechen einem hohlen Holzquerschnitt von 100 mm Höhe und 50 mm Breite, der für jedes Feld eine dreifache Knicksicherheit besitzt $\left(\pi^2 \frac{EJ}{S s^2} = 3\right)$.

Für die Längenänderungen der Stäbe des Holms erhält man demnach:

Stab	S_0 (kg)	$\sigma_0 = \frac{S_0}{12,44}$ (kg/cm²)	s (cm)	$\Delta s_0 = \frac{\sigma_0 \cdot s}{E}$ (cm)
1	475	38,2	330	0,13
2	690	55,5	270	0,15
3	690	55,5	150	0,08

und für die Diagonalen, wenn mit einer Beanspruchung von 2000 kg/cm² für beide Diagonalen gerechnet wird:

$$\Delta s = \frac{\sigma_0}{E} \cdot s = \frac{2000}{800\,000} \cdot s = \frac{1}{400} s$$

$$\Delta s_4 = \frac{1}{400} \cdot 704,0 = 1,76\,\text{cm}$$

$$\Delta s_5 = \frac{1}{400} \cdot 398,8 = 0,972\,\text{cm}.$$

Der in Fig. 29 dargestellte Verschiebungsplan liefert die Verschiebungen in vertikaler Richtung:

$$\delta_0 = 85,3\ \text{mm}; \qquad \delta_I = 22,7\ \text{mm}$$

und somit folgende Winkeländerungen $\Delta\vartheta$ zwischen den Stäben des zunächst gelenkig betrachteten Holmes.

Knoten	δ_m (mm)	$\delta_{m-1} - \delta_m$ (mm)	l_m (mm)	$\frac{\delta_{m-1} - \delta_m}{l_m}$	$\Delta\vartheta_m$
0	85,3				
I	22,7	62,6	3300	0,01897	+ 0,01056
II	0	22,7	2700	0,00841	+ 0,00841
II′	0	0	1500	0	

II.—III. Untersuchung für normale und dreifache Last und für einen über die ganze Spannweite biegungsfest durchlaufenden sowie für einen am Rumpf gelenkig befestigten Holm.

Die Berechnung wird wieder nach den S. 10, 11, 12 angegebenen allgemeinen Formeln durchgeführt; man erhält für die Knoten- und Feldmomente die in den folgenden Tabellen zusammengestellten Werte:

IIa. Berechnung der Knotenmomente für normale Last.

Stab	S_0 (kg)	s (cm)	$\alpha_0 = \frac{s\sqrt{S_0}}{4148,5}$	α^0	$\sin\alpha$	$\cos\alpha$	$\operatorname{cotg}\alpha$	$\alpha \operatorname{cotg}\alpha$	ν'
1	475	330	1,734	99° 21′	0,987	— 0,162	— 0,165	— 0,286	1,286
2	690	270	1,709	97° 55,2′	0,990	— 0,138	— 0,139	— 0,238	1,238
3	690	150	0,950	54° 25,9′	0,813	+ 0,582	+ 0,715	+ 0,679	0,321

Stab	$\frac{\alpha}{\sin\alpha}$	ν''	$\frac{1-\cos\alpha}{\alpha\sin\alpha}$	ν'''	S·s (mt)	φ'	φ''	$g\frac{s}{S}$	$g\frac{s}{S}\cdot\nu'''$
1	1,757	0,757	0,679	0,179	1,567	0,820	0,483	0,347	0,0621
2	1,726	0,726	0,673	0,173	1,863	0,664	0.390	0,196	0,0339
3	1,169	0,169	0,542	0,042	1,035	0,310	0,163	0,109	0,0046

Man gewinnt daraus folgende Gleichungen (die Glieder bzw. Gleichungen, welche bei gelenkig angesetztem Holm fortfallen, sind eingeklammert):

$$M_0 = +\,0{,}050\cdot\frac{1{,}25^2}{2} = +\,0{,}0391\ \text{mt}$$

$$0{,}483\cdot 0{,}0391 + (0{,}820 + 0{,}664)\,M_I\,(+\,0{,}390\,M_{II}) = 0{,}01056 + 0{,}0621 + 0{,}0339$$

$$(0{,}390\cdot M_I \quad + (0{,}664 + 0{,}310)\,M_{II} + 0{,}163\,M_{II} = 0{,}00841 + 0{,}0339 + 0{,}0046)$$

oder:

$$1{,}484\,M_I\,(+\,0{,}390\,M_{II}) = 0{,}08\,768$$

$$(0{,}390\,M_I + 1{,}137\,M_{II} = 0{,}04\,691)$$

Die Auflösung ergibt:

$M_I = +$ **0,0530 mt** (0,0590 mt für Holm gelenkig am Rumpf)
$M_{II} = +$ **0,0231 mt** (0 ,, ,, ,, ,, ,,)

Die Zusatzkräfte in den Knoten für durchlaufenden Holm werden (vgl. S. 15):

Knoten	Mm (cmkg)	Mm — Mm — 1 (cmkg)	lm (cm)	$\frac{Mm - Mm - 1}{lm}$ (kg)	Am (kg)
0	3910				+ 4
I	5300	+ 1410	330	+ 4,3	— 15
II	2310	— 2990	270	— 11,1	+ 11
II'	2310	0	150	0	+ 11

Infolge dieser Zusatzkräfte entsteht:

$$\Delta S_1 = +\,4\cdot\frac{6{,}75}{2{,}00} = +\sim 15\ \text{kg}$$

$$\Delta S_2 = \Delta S_3 = +\,4\cdot\frac{6{,}75}{2{,}00} - 11\cdot\frac{3{,}45}{2{,}00} = -\,5\ \text{kg}$$

IIb. Feldmomente für normale Last und über Rumpf durchlaufenden Holm.

Stab	S_0 (kg)	s (cm)	$\alpha_1 = \frac{s\sqrt{S}}{4148{,}5}$	α^0	$\sin\alpha$	$\cot g\,\alpha$	$g k^2 = \frac{0{,}08605}{S(t)}$	M_A (mt)	M_B (mt)	D_1
1	460	330	1,706	97° 40,2′	0,991	— 0,135	0,1871	0,0530	0,0391	— 0,1341
2	695	270	1,716	98° 19,2′	0,989	— 0,146	0,1238	0,0231	0,0530	— 0,1009
3	695	150	0.954	54° 39,7′	0,816	+ 0.709	0,1238	0,0231	0,0231	— 0,1009

Stab	D_2	$D_1 \operatorname{cotg} \alpha$	$\frac{D_2}{\sin \alpha}$	$C_2 \cdot S$	$\operatorname{tg} \frac{x}{k}$	$\frac{1}{\cos \frac{x}{k}}$	$\frac{D_1}{\cos \frac{x}{k}}$	$M \frac{max}{min}$ (mt)	$\sigma \frac{max}{min}$ [1] (kg/cm²)	n_1
1	– 0,1480	+ 0,0181	– 0,1495	– 0,1676	+ 1,249	+ 1,600	– 0,2146	– 0,0275	117	3,39
2	– 0,0708	+ 0,0147	– 0,0716	– 0,0863	+ 0,856	+ 1,316	– 0,1327	– 0,0089	82	3,35
3	– 0,1009	– 0,0716	– 0,1237	– 0,0521	+ 0,516	+ 1,125	– 0,1135	+ 0,0103	86	10,86

IIIa. Berechnung der Knotenmomente für dreifache Last.

Stab	$\alpha_3 = \alpha_1 \sqrt{3}$	α^0	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\operatorname{cotg} \alpha$	$\alpha \operatorname{cotg} \alpha$	ν'	$\frac{\alpha}{\sin \alpha}$
1	3,005	172° 10,3′	0,136	– 0,991	– 7,274	– 21,858	+ 22,858	+ 22,096
2	2,960	169° 35,7′	0,181	– 0,984	– 5,446	– 16,120	+ 17,120	+ 16,354
3	1,646	94° 18,6′	0,997	– 0,075	– 0,075	– 0,123	+ 1,123	+ 1,651

Stab	ν''	$\frac{1 - \cos \alpha}{\alpha \sin \alpha}$	ν'''	$3 S_0 \cdot s$ (mt)	ψ'	ψ''	$g \frac{s}{S}$	$g \frac{s}{S} \cdot \nu''$
1	+ 21,096	4,872	4,372	4,702	4,861	4,486	0,347	1,5171
2	+ 15,354	3,717	3,217	5,589	3,063	2,747	0,196	0,6305
3	+ 0,651	0,655	0,155	3,105	0,362	0,210	0,109	0,0169

Da $M_0 = + 3 \cdot 0{,}0391 = + 0{,}1173$ mt, erhält man folgende Gleichungen zur Bestimmung der Knotenmomente:

$$4{,}486 \cdot 0{,}1173 + M_I\,(4{,}861 + 3{,}063)\;(+ M_{II} \cdot 2{,}747) = 0{,}03168 + 1{,}5171 + 0{,}6305$$
$$(2{,}747 \cdot M_I \quad + M_{II}\,(3{,}063 + 0{,}362)\; + M_{II} \cdot 0{,}210 = 0{,}02523 + 0{,}6305 + 0{,}0169)$$

oder:

$$7{,}924\, M_I\; (+ 2{,}747\, M_{II}) = 1{,}6531$$
$$(2{,}747\, M_I + 3{,}635\, M_{II} = 0{,}67263)$$

Die Auflösung ergibt:

$M_I = + 0{,}1957$ **mt** (**0,209 mt** für gelenkig am Rumpf angeschlossenen Holm)
$M_{II} = + 0{,}0372$ „ (**0** „ „ „ „ „ „ „)

IIIb. Berechnung der Feldmomente für dreifache Last und über Rumpf durchlaufenden Holm.

Der Einfluß der Knickung auf die Feldmomente wurde nur für durchlaufenden Holm berechnet.

Stab	$\alpha = \alpha_0 \sqrt{3}$	α^0	$\sin \alpha$	$\operatorname{cotg} \alpha$	$g k^2$	M_A (mt)	M_B (mt)	D_1	D_2	$D_1 \operatorname{cotg} \alpha$
1	2,952	169° 8,2′	0,188	– 5,211	0,1871	0,1957	0,1173	+ 0,0086	– 0,0698	– 0,0448
2	2,971	170° 13,4′	0,170	– 5,804	0,1238	0,0372	0,1957	– 0,0866	+ 0,0719	+ 0,5025
3	1,652	94° 39,3′	0,997	– 0,0814	0,1238	0,0372	0,0372	– 0,0866	– 0,0866	+ 0,0070

[1]) s. Anm. S. 16.

Stab	$\frac{D_2}{\sin\alpha}$	$C_2 \cdot S$	$\operatorname{tg}\frac{x}{k}$	$\frac{1}{\cos\frac{x}{k}}$	$\frac{D_1}{\cos\frac{x}{k}}$	$M_{\substack{max\\min}}$ (mt)	$\sigma_{\substack{max\\min}}$ (kg/cm²)	n_1
1	− 0,3713	− 0,3265	− 37,965	− 37,978	− 0,3266	− 0,1395	516	1,13
2	+ 0,4229	− 0,0796	+ 0,919	+ 1,360	− 0,1176	+ 0,0062	186	1,12
3	− 0,0869	− 0,0939	+ 1,084	+ 1,445	− 0,1252	− 0,0014	172	3,62

Man findet die obigen Werte für normale und für dreifache Last in den Momentenflächen der Fig. 30 und 31 veranschaulicht.

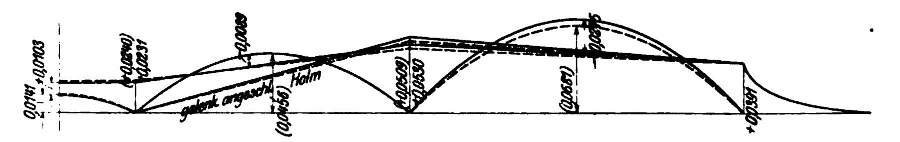


Fig. 30. Momentenfläche des Holms bei normaler Last.

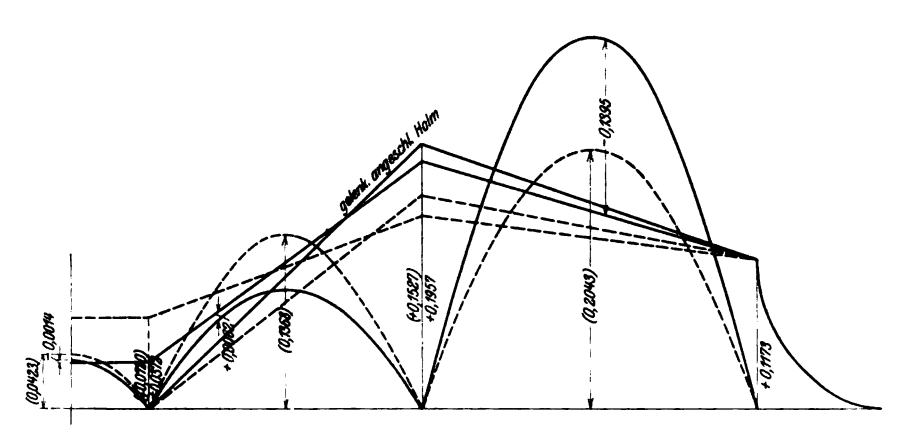


Fig. 31. Momentenfläche des Holms bei dreifacher Last.

IVa. Berechnung der Knotenmomente für 1,5-faches EJ.

Auch hier ist es nützlich, zu untersuchen, wieviel eine Steifigkeitsvergrößerung des Holmes um 50 % die Momentenflächen beeinflußt.

Stab	$a = \frac{a_1}{\sqrt{1,5}}$	a^0	$\sin a$	$\cos a$	$\operatorname{cotg} a$	$a \operatorname{cotg} a$	ν'	$\frac{a}{\sin a}$
1	1,416	81° 7,9′	0,988	0,154	0,156	0,221	0,779	1,433
2	1,395	79° 55,5′	0,985	0,175	0,178	0,248	0,752	1,416
3	0,776	44° 27,8′	0,700	0,714	1,019	0,791	0,209	1,109

Stab	ν''	$\frac{1-\cos a}{a\sin a}$	ν'''	$S\,s$ (mt)	ψ'	ψ''	$g\frac{s}{S}$	$g\frac{s}{S}\cdot\nu'''$
1	0,433	0,605	0,105	1,5675	0,497	0,276	0,347	0,0365
2	0,416	0,601	0,101	1,863	0,404	0,223	0,196	0,0198
3	0,109	0,527	0,027	1,035	0,202	0,105	0,109	0,0029

Man erhält folgende Gleichungen:

$$0{,}276 \cdot 0{,}0391 + (0{,}497 + 0{,}404)\, M_I \;(+\, 0{,}223\, M_{II}) = 0{,}01056 + 0{,}0365 + 0{,}0198$$

$$(0{,}223 \cdot M_I \quad + (0{,}404 + 0{,}202)\, M_{II} + 0{,}105\, M_{II} = 0{,}00841 + 0{,}0198 + 0{,}0029)$$

oder:

$$0{,}901\, M_I \;(+\, 0{,}223\, M_I) = 0{,}05607$$

$$(0{,}223\, M_I + 0{,}711\, M_{II} = 0{,}03111)$$

Die Auflösung ergibt:

$M_I = +\, 0{,}0557$ mt (0,0622 mt für gelenkig am Rumpf angeschlossenen Holm)

$M_{II} = +\, 0{,}0263$ „ (0 „ „ „ „ „ „ „)

IVb. Berechnung der Feldmomente für 1,5-faches EJ und über Rumpf durchlaufenden Holm.

Stab	$\alpha = \frac{\alpha_1}{\sqrt{1{,}5}}$	α^0	$\sin \alpha$	$\operatorname{cotg} \alpha$	$g\,k^2$	M_A (mt)	M_B (mt)	D_1
1	1,393	79° 48,7′	0,984	0,180	0,2806	0,0557	0,0391	− 0,2249
2	1,400	80° 12,8′	0,985	0,172	0,1857	0,0263	0,0557	− 0,1594
3	0,770	44° 7,2′	0,696	1,031	0,1857	0,0263	0,0263	− 0,1594

Stab	D_2	$D_1 \operatorname{cotg} \alpha$	$\frac{D_2}{\sin \alpha}$	$C_2 \cdot S$	$\operatorname{tg} \frac{x}{k}$	$\frac{1}{\cos \frac{x}{k}}$	$\frac{D_1}{\cos \frac{x}{k}}$	$M_{\frac{max}{min}}$ (mt)
1	− 0,2415	− 0,0405	− 0,2455	− 0,2050	0,912	1,354	− 0,3044	− 0,0238
2	− 0,1300	− 0,0275	− 0,1320	− 0,1045	0,656	1,197	− 0,1910	− 0,0053
3	− 0,1594	− 0,1644	− 0,2293	− 0,0649	0,407	1,080	− 0,1721	+ 0,0136

Die Knotenmomente nehmen also nur wenig zu, die Feldmomente teilweise sogar ab. Jedenfalls werden die Spannungen sehr viel kleiner.

V. Berechnung der Knotenmomente ohne Berücksichtigung der Knickkräfte.

Man erhält (vgl. S. 31) da: $6\,EJ = 6 \cdot 1\,000\,000 \cdot 0{,}000\,001\,721 = 10{,}326\ \text{tm}^2$

Stab	s_m (mt)	$g\frac{s^2}{8} = 0{,}00625 \cdot s^2$	$g\frac{s^3}{4} = 0{,}0125\, s^3$	$\Delta\vartheta$	$6\,EJ \cdot \Delta\vartheta$
1	3,30	0,0681	0,4492	0,01056	0,1090
2	2,70	0,0456	0,2460	0,00841	0,0868
3	1,50	0,0141	0,0422		

Demnach ergeben sich folgende Gleichungen zur Bestimmung der Momente:

$$3{,}30 \cdot \overbrace{0{,}0391}^{M_0} + 2\,(3{,}30 + 2{,}70)\, M_I \;(+\, 2{,}70\, M_{II}) = 0{,}1090 + 0{,}4492 + 0{,}2460$$

$$(2{,}70 \cdot M_I \quad + 2\,(2{,}70 + 1{,}50)\, M_{II} + 1{,}50\, M_{II} = 0{,}0868 + 0{,}2460 + 0{,}0422)$$

oder:

$$12\, M_I \;(+\, 2{,}7\, M_{II}) = 0{,}6752$$

$$(2{,}7\, M_I + 9{,}9\, M_{II} = 0{,}3750)$$

Die Auflösung ergibt:

$M_I = +$ **0,0509 mt (0,0563 mt** für gelenkig am Rumpf angeschlossenen Holm)
$M_{II} = +$ **0,0240** „ (0 „ „ „ „ „ „ „)

Die Unterschiede gegen die wirklichen Werte bei Knickung sind durchaus plausibel und in den Fig. 30 und 31 dargestellt. Man kann auch hier wieder sehen, wie die Unterschiede bei Vervielfachung der Belastung wachsen.

VI. Berechnung der Momente für $\Delta\vartheta = 0$, d. h. für vollkommen starre Spannkabel.

VIa. Knotenmomente:

Die Gleichungen zur Bestimmung der Momente lauten (vgl. S. 32):

$$0{,}483 \cdot 0{,}0391 + (0{,}820 + 0{,}664)\, M_I\, (+\, 0{,}390\, M_{II}) = 0{,}0621 + 0{,}0339$$
$$(0{,}390 \cdot M_I \qquad (0{,}664 + 0{,}310)\, M_{II} + 0{,}163\, M_{II} = 0{,}0339 + 0{,}0046)$$

oder:

$$1{,}484\, M_I\, (+\, 0{,}390\, M_{II}) = 0{,}0771$$
$$(0{,}390\, M_I + 1{,}137\, M_{II} = 0{,}0385).$$

Die Auflösung ergibt:

$M_I = +$ **0,0474 mt (0,052 mt** für gelenkig am Rumpf angeschlossenen Holm)
$M_{II} = +$ **0,0176** „ (0 „ „ „ „ „ „ „)

VIb. Feldmomente für durchlaufenden Holm:

Stab	α	$\sin\alpha$	$\operatorname{cotg}\alpha$	$g\,k^2$	M_A (mt)	M_B (mt)	D_1	D_2
1	1,706	0,991	− 0,135	0,1871	0,0474	0,0391	− 0,1397	− 0,1480
2	1,716	0,989	− 0,146	0,1238	0,0176	0,0474	− 0,1062	− 0,0764
3	0,954	0,816	+ 0,709	0,1238	0,0176	0,0176	− 0,1062	− 0,1062

Stab	$D_1 \operatorname{cotg}\alpha$	$\frac{D_2}{\sin\alpha}$	$C_2 \cdot S$	$\operatorname{tg}\frac{x}{k}$	$\frac{1}{\cos\frac{x}{k}}$	$\frac{D_1}{\cos\frac{x}{k}}$	$M_{\frac{max}{min}}$ (mt)
1	+ 0,0189	− 0,1495	− 0,1684	+ 1,205	+ 1,566	− 0,2189	− 0,0318
2	+ 0,0155	− 0,0773	− 0,0928	+ 0,874	+ 1,327	− 0,1409	− 0,0171
3	− 0,0753	− 0,1302	− 0,0549	+ 0,516	+ 1,125	− 0,1195	+ 0,0043

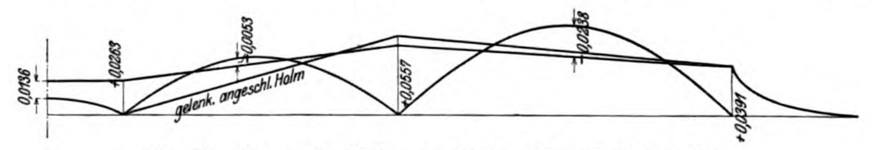


Fig. 32. Momentenfläche des Holms für 1,5-faches EJ.

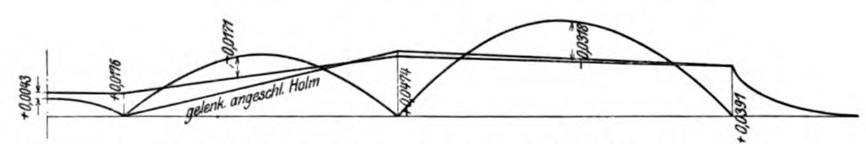


Fig. 33. Momentenfläche des Holms für dehnungslose Spannkabel ($\Delta\vartheta_m = 0$).

Die Momentenflächen für 1,5-faches EJ und für $\Delta \vartheta = 0$ sind in den Fig. 32 und 33 dargestellt.

VII. Beanspruchungen in den Knoten.

Da nach S. 30 in den Knoten ein verstärkter Querschnitt mit:

$$W' = 41{,}09 \text{ cm}^3$$
$$F' = 16{,}44 \text{ cm}^2$$

vorhanden ist, erhält man für über Rumpf durchlaufenden Holm folgende Werte:

a) normale Last:

Knoten	$\sigma_B = \pm \frac{M}{W'}$	$\sigma^l_D = \frac{S^l}{F'}$	$\sigma^r_D = \frac{S^r}{F'}$	σ_l (kg/cm²)	σ_r (kg/cm²)
0	$\pm \frac{3910}{41{,}09} = \pm\ 95$	$-\frac{460}{16{,}44} = -28$	0	− 123	± 95
I	$\pm \frac{5300}{41{,}09} = \pm 129$	$-\frac{695}{16{,}44} = -42$	− 28	**− 171**	**− 157**
II	$\pm \frac{2310}{41{,}09} = \pm\ 56$	− 42	− 42	− 98	− 98

b) dreifache Last:

Knoten	$\sigma_B = \pm \frac{M}{W'}$	$\sigma^l_D = \frac{S^l}{F'}$	$\sigma^r_D = \frac{S^r}{F'}$	σ_l (kg/cm²)	σ_r (kg/cm²)	m_l [1]	m_r [1]
0	$\pm \frac{11\,730}{41{,}09} = \pm 286$	$-\frac{3 \cdot 460}{16{,}44} = -\ 84$	0	− 370	± 286	3,0	3,0
I	$\pm \frac{19\,570}{41{,}09} = \pm 476$	$-\frac{3 \cdot 695}{16{,}44} = -128$	− 84	**− 604**	**− 560**	**3,53**	**3,57**
II	$\pm \frac{3720}{41{,}09} = \pm\ 91$	− 128	− 128	− 219	− 219	2,24	2,24

Diese Spannungsverteilung ist in den Fig. 34 und 35 aufgetragen

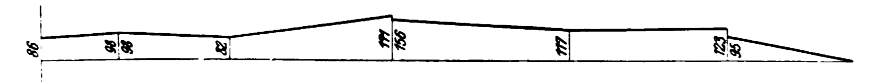


Fig. 34. Gesamtbeanspruchungen des Holms bei normaler Last in kg/cm².

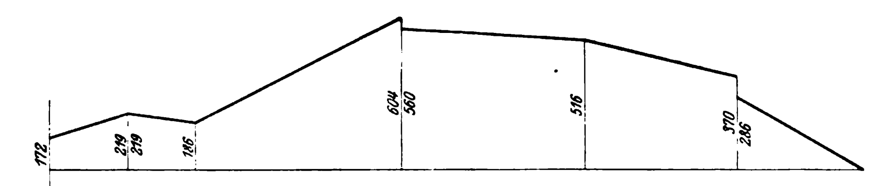


Fig. 35. Gesamtbeanspruchungen des Holms bei dreifacher Last in kg/cm².

Bemerkenswert ist das schnellere Anwachsen der Spannungen in Knotenpunkt I bei dreifacher Last.

---

[1]) $m = \frac{\sigma_{\text{dreifache Last}}}{\sigma_{\text{normale Last}}}$

VIII. Knicksicherheit des Holms als Ganzes.

Das Gleichungssystem lautet analog wie auf S. 25:

$$\begin{array}{lr} \overbrace{M_{m-1}\psi_1''}^{=0} + M_I(\psi_1' + \psi_2')\;(+ M_{II}\psi_2'') & = 0 \\ (M_I\,\psi_2'' \qquad + M_{II}(\psi_2' + \psi_3' + \psi_3'') & = 0) \end{array}$$

Die eingeklammerten Glieder fallen bei gelenkig angeschlossenem Holm fort.

Man erhält daher für die Nennerdeterminante:

$$D = \begin{vmatrix} \psi_1' + \psi_2' & \psi_2'' \\ \psi_2'' & \psi_2' + \psi_3' + \psi_3'' \end{vmatrix}$$

$$= (\psi_1' + \psi_2')(\psi_2' + \psi_3' + \psi_3'') - \psi_2''^2$$

$= (\psi_1' + \psi_2')$ für gelenkig angeschlossenen Holm.

Der Wert der Determinante wird für:

a) dreifache Last (vgl. S. 33):

$\psi^{1\prime} = 4{,}861$; $\psi_1'' = 4{,}486$

$\psi_2' = 3{,}063$; $\psi_2'' = 2{,}747$

$\psi_3' = 0{,}362$; $\psi_3'' = 0{,}210$

$$D = (4{,}861 + 3{,}063)(3{,}063 + 0{,}362 + 0{,}210) - 0{,}196^2$$

$= +$ **28,765** (**7,924** gelenkig angeschl. Holm)

b) vierfache Last:

$\alpha = 2\alpha_0$	α^0	$\sin\alpha$	$\operatorname{cotg}\alpha$	$\alpha \operatorname{cotg}\alpha$	ν'	$\frac{\alpha}{\sin\alpha}$	ν''	$4 S_0 \cdot s$ (mt)	ψ'	ψ''
3.468	198° 4,2′	− 0,310	+ 3,065	+ 10,629	− 9,629	− 11,187	− 12,187	6,270	− 1,535	− 1,944
3,418	195° 50,4′	− 0,273	+ 3,525	+ 12,048	− 11,048	− 12,520	− 13,520	7,452	− 1,482	− 1,814
1,900	108° 51,8′	+ 0,946	− 0,342	− 0,650	+ 1,650	+ 2,008	+ 1,008	4,140	+ 0,400	+ 0,243

$$D = (-1{,}535 - 1{,}482)(-1{,}482 + 0{,}400 + 0{,}243) - 1{,}814^2$$

$= -$ **0,756** ($-$ **3,017** gelenk. angeschl. Holm)

Die gradlinige Interpolation (vgl. Fig. 43 des Systems von 1,50 m Höhe) ergibt eine n = ~ 4-fache Knicksicherheit des Holms als Ganzes (n = 3,7-fache Sicherheit für gelenkig angeschl. Holm).

B. System von 1,50 m Höhe.

I. Berechnung der Spannkräfte und Winkeländerungen im Hauptsystem.

Die Belastung sowie die Knotenpunktslasten sind bei gleicher Feldverteilung dieselben wie im vorstehend berechneten System (Fig. 36).

Die Spannkräfte S_0 des Holms vergrößern sich im Verhältnis der Systemhöhen: $= \frac{2{,}00}{1{,}50} = \frac{4}{3}$, so daß man erhält:

$$S_1 = \frac{4}{3} \cdot 475 = 630 \text{ kg}$$

$$S_2 = S_3 = \frac{4}{3} \cdot 690 = 920 \text{ kg}$$

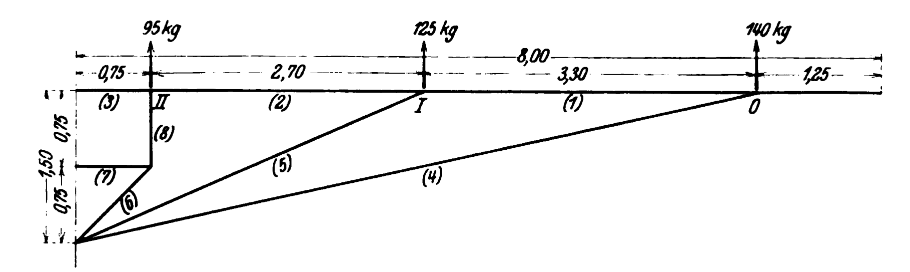


Fig. 36. System und Belastungsschema des Eindeckers von 1,50 m Systemhöhe.

Für die Spannkräfte der beiden Diagonalen ergibt sich:

$$S_4 = 140 \cdot \frac{\sqrt{1{,}50^2 + 6{,}75^2}}{1{,}50} = 645 \text{ kg}$$

$$S_5 = 125 \cdot \frac{\sqrt{1{,}50^2 + 3{,}45^2}}{1{,}50} = 315 \text{ kg}$$

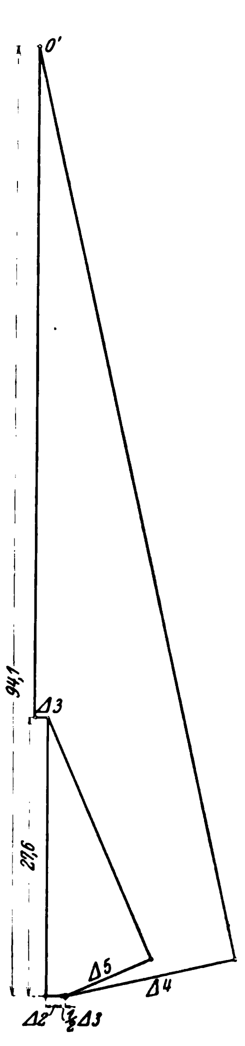


Fig. 37. Verschiebungsplan.

Um gleiche Knicksicherheit wie für das oben untersuchte System von 2,00 m Höhe des Holms zu erzielen, wird das Trägheitsmoment des Holmquerschnitts auf $\frac{4}{3} \cdot 172{,}1 = 229{,}6 \text{ cm}^4$ vergrößert, so daß:

$$W = \frac{229{,}6}{5{,}0} = 45{,}92 \text{ cm}^3.$$

In den Knoten wird der Querschnitt verstärkt, so daß:

$$W' = 49{,}25 \text{ cm}^3$$
$$F' = 18{,}64 \text{ cm}^2.$$

Nach Vorstehendem erhält man für die Längenänderungen folgende Werte:

Stab	S_0 (kg)	σ_0 (kg/cm²)	s (cm)	Δs (cm)
1	630	37,9	330	0,125
2	920	55,3	270	0,15
3	920	55,3	150	0,08

$$\Delta s_4 = \frac{691{,}5}{400} = 1{,}73 \text{ cm}$$

$$\Delta s_5 = \frac{376{,}2}{400} = 0{,}9405 \text{ cm}.$$

Der in Fig. 37 dargestellte Verschiebungsplan liefert:

$$\delta_0 = 94{,}1 \text{ mm}; \quad \delta_I = 27{,}6 \text{ mm}$$

und somit folgende Winkeländerungen:

Knoten	δ_m (mm)	$\delta_m - \delta_{m-1}$ (mm)	l_m (mm)	$\frac{\delta_{m-1} - \delta_m}{l_m}$	$\Delta \vartheta_m$
0	94,1				
I	27,6	66,5	3300	0,02015	+ 0,00993
II	0	27,6	2700	0,01022	+ 0,01022
II′	0	0	1500	0	

II.—III. Untersuchung für normale und dreifache Last.

Da: $\alpha = s\sqrt{\frac{S}{EJ}}$ und bei den gewählten Querschnittsabmessungen das Verhältnis von $\frac{S}{J}$ ungeändert gegenüber dem vorstehend berechneten System bleibt, so ändern sich auch die α-Werte und die ν-Werte nicht. Da jedoch $S \cdot s$ $\frac{4}{3}$ mal so groß wird, so werden die ψ-Werte $\frac{3}{4}$ der vorstehend berechneten. Erweitert man daher die vorstehenden Gleichungen zur Bestimmung der Knotenmomente mit $\frac{4}{3}$, so hat man nur nötig, die bei diesem System sich ergebenden geänderten Winkeländerungen noch mit $\frac{4}{3}$ multipliziert und die sämtlichen übrigen Glieder ungeändert einzusetzen. Man erhält daher:

IIa. Knotenmomente bei Normallast (s. S. 32):

$$0{,}483 \cdot 0{,}0391 + (0{,}820 + 0{,}664)\,M_I\,(+\,0{,}390\,M_{II}) = \overbrace{\frac{4}{3}\cdot 0{,}00993}^{0{,}01324} + 0{,}0621 + 0{,}0339)$$

$$(0{,}390\,M_I \qquad + (0{,}664 + 0{,}310)\,M_{II} + 0{,}163\,M_{II} = \underbrace{\frac{4}{3}\cdot 0{,}01022}_{0{,}01363} + 0{,}0339 + 0{,}0046)$$

oder:

$$1{,}484\,M_I\,(+\,0{,}390\,M_{II}) = 0{,}09054$$
$$(0{,}390\,M_I + 1{,}137\,M_{II} = 0{,}05213)$$

Die Auflösung ergibt:

$$M_I = +\,0{,}0538\ \text{mt}; \quad M_{II} = +\,0{,}0272\ \text{mt}$$
$$(=0{,}061 \qquad\qquad = 0 \text{ für gelenk. angeschl. Holm})$$

IIb. Feldmomente bei Normallast (s. S. 32) für über Rumpf durchlaufenden Holm.

sin α	cotg α	g k^2	M_A (mt)	M_B (mt)	D_1	D_2	D_1 cotg α
0,991	− 0,135	0,1871	0,0538	0,0391	− 0,1333	− 0,1480	+ 0,0180
0,989	− 0,146	0,1238	0,0272	0,0538	− 0,0966	− 0,0700	+ 0,0141
0,816	+ 0,709	0,1238	0,0272	0,0272	− 0,0966	− 0,0966	− 0,0685

$\frac{D_2}{\sin\alpha}$	$C_2 \cdot S$	$tg\frac{x}{k}$	$\frac{1}{\cos\frac{x}{k}}$	$\frac{D_1}{\cos\frac{x}{k}}$	$M\frac{max}{min}$ (mt)	$\sigma\frac{max}{min}$ (kg/cm²)
− 0,1495	− 0,1675	+ 1,256	+ 1,604	− 0,2139	− 0,0268	95
− 0,0708	− 0,0849	+ 0,879	+ 1,332	− 0,1286	− 0,0048	76
− 0,1184	− 0,0499	+ 0,516	+ 1,125	− 0,1086	+ 0,0152	89

IIIa. Knotenmomente bei dreifacher Last (s. S. 33):

$$4{,}486 \cdot 0{,}1173 + (4{,}861 + 3{,}063)\, M_I\, (+\, 2{,}747\, M_{II}) = 3 \cdot 0{,}01324 + 1{,}5171 + 0{,}6305$$

$$(2{,}747\, M_I \quad + (3{,}063 + 0{,}362)\, M_{II} + 0{,}210\, M_{II} = 3 \cdot 0{,}01363 + 0{,}6305 + 0{,}0169)$$

oder:

$$7{,}924 \cdot M_I\, (+\, 2{,}747\, M_{II}) = 1{,}6611$$

$$(2{,}747 \cdot M_I + 3{,}635\, M_{II} = 0{,}68828)$$

Die Auflösung ergibt:

$$M_I = +\, \mathbf{0{,}1953\, mt}; \quad M_{II} = \mathbf{0{,}0418\, mt}$$

$$(= +\, \mathbf{0{,}210} \qquad = \mathbf{0} \text{ für gel. angeschl. Holm})$$

IIIb. Feldmomente bei dreifacher Last (s. S. 33) und über Rumpf durchlaufenden Holm.

$\sin\alpha$	$\cot g\,\alpha$	$g\,k^2$	M_A (mt)	M_B (mt)	D_1	D_2	$D_1 \cot g\,\alpha$
0,188	− 5,211	0,1871	0,1953	0,1173	+ 0,0082	− 0,0698	− 0,0427
0,170	− 5,804	0,1238	0,0418	0,1953	− 0,0820	+ 0,0715	+ 0,4759
0,997	− 0,0814	0,1238	0,0418	0,0418	− 0,0820	− 0,0820	+ 0,0067

$\frac{D_2}{\sin\alpha}$	$C_2 \cdot S$	$tg\frac{x}{k}$	$\frac{1}{\cos\frac{x}{k}}$	$\frac{D_1}{\cos\frac{x}{k}}$	$M\frac{max}{min}$ (mt)	$\sigma\frac{max}{min}$ (kg/cm²)
− 0,3711	− 0,3284	− 40,049	− 40,061	− 0,3285	− 0,1414	419
+ 0,4206	− 0,0553	+ 0,674	+ 1,206	− 0,0989	+ 0,0249	222
− 0,0822	− 0,0889	+ 1,084	+ 1,445	− 0,1185	+ 0,0053	180

Die Momentenflächen für normale und dreifache Last sind in den Fig. 38 und 39 dargestellt.

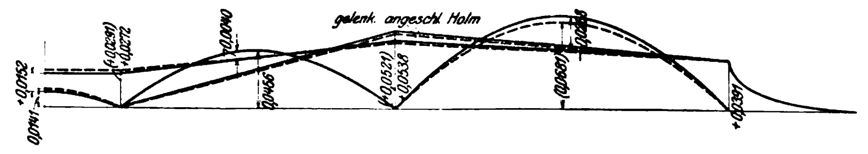


Fig. 38. Momentenfläche des Holms bei normaler Last.

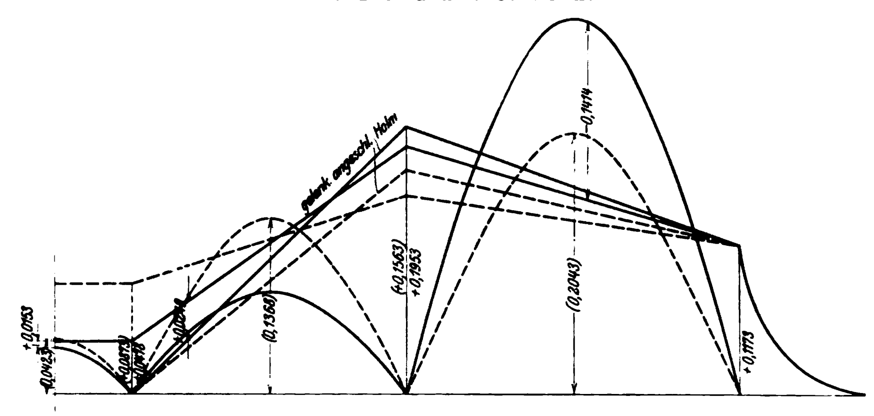


Fig. 39. Momentenfläche des Holms bei dreifacher Last.

IVa. Berechnung der Knotenmomente für 1,5-faches EJ (s. S. 35).

Die Gleichungen zur Bestimmung der Knotenmomente lauten (die Glieder bzw. Gleichungen, die bei gelenkig angeschlossenem Holm fortfallen, sind eingeklammert):

$$0{,}276 \cdot 0{,}0391 + (0{,}497 + 0{,}404)\, M_I\ (+\ 0{,}223\, M_{II}) = 0{,}01324 + 0{,}0365 + 0{,}0198$$

$$(0{,}223 \cdot M_I \quad + (0{,}404 + 0{,}202)\, M_I + 0{,}105\, M_{II} = 0{,}01363 + 0{,}0198 + 0{,}0029)$$

oder:

$$0{,}901\, M_I\ (+\ 0{,}223\, M_{II}) = 0{,}05875$$

$$(0{,}223\, M_I + 0{,}711\, M_{II} = 0{,}03633)$$

Die Auflösung ergibt:

$$M_I = +\ \mathbf{0{,}0570\ mt}; \quad M_{II} = +\ \mathbf{0{,}0333\ mt}$$

$$(= +\ \mathbf{0{,}06525} \qquad = \mathbf{0} \text{ für gel. angeschl. Holm})$$

IVb. Berechnung der Feldmomente für 1,5-faches EJ (s. S. 35) **und über Rumpf durchlaufenden Holm:**

$\sin\alpha$	$\operatorname{cotg}\alpha$	$g\,k^2$	M_A (mt)	M_B (mt)	D_1	D_2
0,984	0,180	0,2806	0,0570	0,0391	− 0,2236	− 0,2415
0,985	0,1725	0,1857	0,0333	0,0570	− 0,1524	− 0,1287
0,696	1,031	0,1857	0,0333	0,0333	− 0,1524	− 0,1524

$D_1 \operatorname{cotg}\alpha$	$\dfrac{D_2}{\sin\alpha}$	$C_2 \cdot S$	$\operatorname{tg}\dfrac{x}{k}$	$\dfrac{1}{\cos\frac{x}{k}}$	$\dfrac{D_1}{\cos\frac{x}{k}}$	$M_{\frac{max}{min}}$ (mt)
− 0,0402	− 0,2454	− 0,2052	0,918	1,357	− 0,3034	− 0,0228
− 0,0261	− 0,1307	− 0,1046	0,686	1,213	− 0,1849	+ 0,0008
− 0,1571	− 0,2190	− 0,0619	0,407	1,080	− 0,1647	+ 0,0210

Die Momentenverteilung für 1,5-faches EJ zeigt Fig. 40.

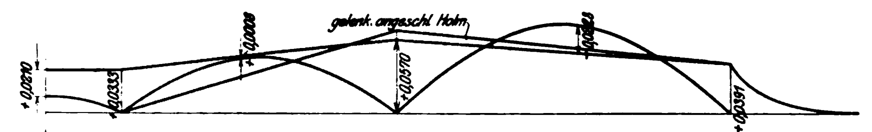


Fig. 40. Momentenfläche des Holms für 1,5-faches EJ.

V. Berechnung der Knotenmomente ohne Berücksichtigung der Knickkräfte.

Für die Werte $6EJ \cdot \Delta\vartheta_m$ erhält man:

$\Delta\vartheta_m$	$6\,E\,J \cdot \Delta\vartheta_m = 6 \cdot 1000000 \cdot \frac{229{,}6}{10^8} = 13{,}776 \cdot \Delta\vartheta_m$
0,00993	0,1368
0,01022	0,1408

Nach S. 35 ergeben sich demnach folgende Gleichungen für die Knotenmomente:

$$3{,}30 \cdot \overbrace{0{,}0391}^{M_0} + 12\,M_I\,(+\,2{,}7\,M_{II}) = 0{,}4492 + 0{,}2460 + 0{,}1368$$
$$(2{,}7\,M_I + 9{,}9\,M_{II} = 0{,}2460 + 0{,}0422 + 0{,}1408)$$

oder:

$$12\,M_I\,(+\,2{,}7\,M_{II}) = 0{,}7030$$
$$(2{,}7\,M_I + 9{,}9\,M_{II} = 0{,}4290)$$

Die Auflösung ergibt:

$$M_I = +\,\mathbf{0{,}0521\,mt}; \quad M_{II} = +\,\mathbf{0{,}0291\,mt}$$
$$(= +\,\mathbf{0{,}0586} \qquad = \mathbf{0} \text{ für gel. angeschl. Holm})$$

VI. Untersuchung für $\Delta\vartheta = 0$; d. h. für dehnungslose Diagonalen.

Da sich nach S. 40 nur das Glied mit $\Delta\vartheta$ in den Gleichungen ändert, so erhält man, da dieses für $\Delta\vartheta = 0$ wegfällt, dieselben Momente wie im vorstehend berechneten System von größerer Bauhöhe, also nach S. 36:

$$M_I = +\,\mathbf{0{,}0474\,mt}\ (0{,}0520); \quad M_{(1)} = -\,\mathbf{0{,}0318\,mt}$$
$$M_{II} = +\,\mathbf{0{,}0176}\ \text{„}\ (0); \quad M_{(2)} = -\,\mathbf{0{,}0171}\ \text{„}$$
$$M_{(3)} = +\,\mathbf{0{,}0043}\ \text{„}$$

VII. Beanspruchungen in den Knoten für über Rumpf durchlaufenden Holm.

Mit dem nach S. 39 in den Knoten verstärkten Querschnitt von $\left\{\begin{array}{l} W' = 49{,}25\ cm^3 \\ F' = 18{,}64\ cm^2 \end{array}\right\}$ **erhält man folgende Werte für die Beanspruchung in kg/cm²:**

a) normale Last:

Knoten	$\sigma_B = \pm \frac{M}{W'}$	$\sigma^l_D = \frac{S^l}{F'}$	$\sigma^r_D = \frac{S^r}{F'}$	σ_l (kg/cm²)	σ_r (kg/cm²)
0	$\pm \frac{3910}{49{,}25} = \pm 79$	$-\frac{\frac{4}{3} \cdot 460}{18{,}64} = -33$	0	− 112	± 79
I	$\pm \frac{5380}{49{,}25} = \pm 109$	$-\frac{\frac{4}{3} \cdot 695}{18{,}64} = -50$	− 33	**− 159**	**− 142**
II	$\pm \frac{2720}{49{,}25} = \pm 55$	− 50	− 50	− 105	− 105

b) dreifache Last:

Knoten	$\sigma_B = \pm \frac{M}{W'}$	$\sigma_D^l = \frac{S^l}{F'}$	$\sigma_D^r = \frac{S^r}{F'}$	σ_l (kg/cm²)	σ_r (kg/cm²)	m_l [1])	m_r [1])
0	$\pm \frac{11\,730}{49{,}25} = \pm 238$	$-\frac{4 \cdot 460}{18{,}64} = -\ 99$	0	− 337	± 238	3,0	3,0
I	$\pm \frac{19\,530}{49{,}25} = \pm 397$	$-\frac{4 \cdot 695}{18{,}64} = -149$	− 99	**− 546**	**− 496**	**3,44**	**3,49**
II	$\pm \frac{4180}{49{,}25} = \pm\ 85$	− 149	− 149	− 234	− 234	2,23	2,23

Diese Spannungsverteilung ist in den Fig. **41** und **42** dargestellt:



Fig. 41. Gesamtbeanspruchungen des Holms bei normaler Last (in kg/cm²).

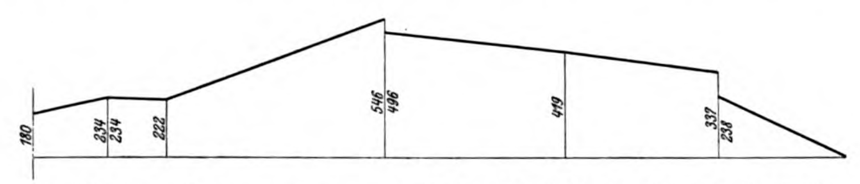


Fig. 42. Gesamtbeanspruchungen des Holms bei dreifacher Last (in kg/cm²).

VIII. Knicksicherheit des Holms als Ganzes.

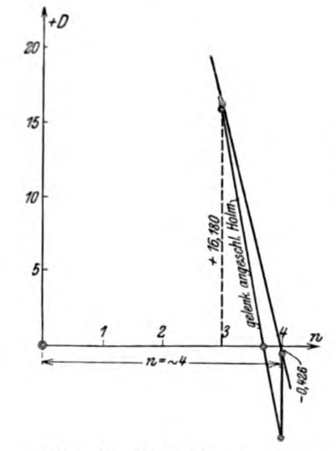


Fig. 43. Darstellung der Nennerdeterminante als Funktion der Belastung.

Der S. 38 entwickelte Ausdruck für die Nenner determinante ist quadratisch in bezug auf die Werte ψ, deshalb wird der Wert der Determinante $= \frac{9}{16} \cdot$ der S. 38 berechneten Werte, also für:

$$\text{dreifache Last: } D = \frac{9}{16} \cdot + 28{,}765 = + \mathbf{16{,}180}$$

$$\text{vierfache }\;,,\;\; : D = \frac{9}{16} \cdot - \;\; 0{,}756 = - \;\; \mathbf{0{,}426}$$

Die Interpolation nach Fig. **43** ergibt daher wieder wie für vorstehend berechnetes System eine **n** = **~ 4**-fache Knicksicherheit des Holms als Ganzes (bzw. f. gel. angeschl. Holm eine 3,7-fache Sicherheit).

Aus den Rechnungsergebnissen ist besonders Folgendes zu beachten:

Die Bauart der Eindecker mit biegungsfest über den Rumpf durchlaufenden Holmen zeigt zwar etwas kleinere Biegungsmomente, ist jedoch gegenüber einer

[1]) $m = \frac{\sigma_{\text{dreifache Last}}}{\sigma_{\text{normale Last}}}$

Längung der Diagonalen erheblich empfindlicher, da das Moment am Rumpfanschluß von $\Delta \vartheta = 0$ (starre Diagonalen) bis zu den mit einer Spannung von 2000 kg/qcm gedehnten Diagonalen bei der Bauhöhe von 2 m um 24% und bei der Bauhöhe von 1,5 m sogar um 45,5% zunimmt. Auch aus diesem Grunde ist die Bauweise mit biegungsfestem Anschluß am Rumpf wohl jetzt allgemein verlassen.

Die Biegungsmomente in den Knotenpunkten werden ebenso wie beim Doppeldecker wesentlich größer als diejenigen in den Feldmitten. Es ist also nicht nur nötig, dort die Querschnitte zu verstärken, wie es hier vorausgesetzt wurde, sondern auch dafür zu sorgen, daß die Durchbildung der Knotenpunkte trotz ihrer unvermeidlichen Bolzenlöcher und Zerschneidungen der Holzfasern den Querschnitt daselbst gegen ruhende und stoßweise Belastung sichert.

Die Verteilung der Feldweiten (1) und (2) bei den Eindeckern erfolgte so, daß in beiden bei gleichem Trägheitsmoment des Holmes gleiche Knicksicherheit entsteht. Die Rechnung hat gezeigt, daß nun das äußere Feld (1) auch unter Berücksichtigung der Knickung erheblich größere Biegungsmomente erfährt als das innere Feld. Dies zeigt, daß es vorteilhafter gewesen wäre, den Knotenpunkt I mehr nach außen zu verlegen.

Schließlich beweisen die Rechnungen bei Eindeckern noch mehr als bei Doppeldeckern, daß die große Dehnbarkeit der Diagonalkabel die Spannungen ungünstig beeinflußt. Jedoch machen die Flugzeugingenieure drei Gründe für ihre Anwendung geltend, nämlich besserer Ausgleich von Materialfehlern als bei Drähten, bequemere Ausbildung der Anschlüsse durch Spleißen und größere Nachgiebigkeit bei stoßweiser Belastung.

In der obigen Rechnung ist die Belastung von oben bei steilem Gleitfluge, die für den vorderen Holm eintritt, nicht behandelt worden. Die Art der Vorherberechnung hat der Eine von uns in diesem Jahrbuch 1 Bd. I 1912 S. 87—89 aus der Schräglage des Flugzeugs und den Luftdruckkoeffizienten an dem Beispiel einer 1:15 gewölbten Platte vorgeführt und oben haben wir für drei Holmteilungen die Lastverteilungen gezeichnet, von denen die bei kleinen Winkeln (Sturzflug) maßgebend sind.

Bei noch kleineren Winkeln tritt bekanntlich ein sprungweises Rücken der Druckresultierenden von hinten nach vorn auf, und es müssen, worauf uns Herr Dorner aufmerksam gemacht hat, bei kleinen Steuerbewegungen ruckweise Belastungsänderungen entstehen, die zu Schwingungen führen können. Es ist deswegen der Verspannung von oben große Wichtigkeit beizumessen. Der Rechnungsgang einer oberen Verspannung würde offenbar derselbe wie der oben vorgetragene sein.

Bei den ganzen Entwicklungen wurde zunächst konstanter Holmquerschnitt vorausgesetzt. Um den Bau zu erleichtern, wird man die Ergebnisse dazu benutzen, um entweder die Feldweiten günstiger zu verteilen oder den Holmquerschnitt den Momenten anzupassen. Bei starken Änderungen des Holmquerschnitts würde dann eine zweite Rechnung analog der obigen angebracht sein, um sich zu vergewissern, daß die Änderung der Querschnitte die Momentenflächen nicht unzulässig beeinflußt. Im allgemeinen ist aber der Einfluß solcher Änderungen

gering. Man sieht dies z. B. auch daraus, daß sogar bei 1½-fachem Trägheitsmoment des Holmes die Momentenfläche sich bei dem untersuchten Doppeldecker um 6%, bei dem Eindecker von 2,00 m Systemhöhe um 14%, bei dem von 1,50 m Höhe um höchstens 22% ändert!

In den meisten Fällen wird schon diese erste hier vorgetragene Berechnung der Werkstatt völlig ausreichende Grundlagen geben.

Um keine Zweifel aufkommen zu lassen, möge nochmals betont werden, daß hier nur das Rechnungschema für eine Tragwand durchgeführt wurde, daß dagegen die ebenso wichtige aber rechnerisch einfachere Frage der Flügelfestigkeit parallel der Flügelsehne und die seitliche Festigkeit der Holme nicht behandelt worden ist.

Eine weitere hier nicht behandelte Aufgabe ist die der Spannungsverteilung beim Landen des Flugzeugs. Ein großer Teil der Stäbe in der Nähe des Fahrgestells ist nicht nach den Anforderungen des Fluges, sondern denen des Landens zu bemessen. Die Spannungsverteilung hat auch infolge der Trägheitskräfte des Rumpfes einen räumlich verwickelteren Charakter und hängt von dem Aufbau des Fahrgestells im einzelnen ab.

Nachträglich mögen noch einige grundsätzliche Bemerkungen gemacht werden, die uns beim Durchsehen des fertigen Aufsatzes am Anfang desselben bezw. auf S. 24 zu fehlen scheinen.

Alle Berechnungen auch die für mehrfache Last und für Knickung sind ohne Abänderung des Elastizitätsmoduls durchgeführt worden, während er in Wirklichkeit oberhalb der Proportionalitätsgrenze abnimmt. Für Metallkonstruktion ist diese Veränderlichkeit genau angebbar, während das außerelastische Verhalten der verschiedenen Holzarten und auch der aus verschiedenen Holzarten und Leinwandbespannung zusammengesetzten Holmquerschnitte sehr wechselnd sein dürfte. Es ist dringend zu empfehlen, für jede größere statische Holmberechnung einfache Biegungs- und Knickungsversuche zur Ermittelung des Elastizitätsmoduls bei kleinen und großen Spannungen zu machen.

Ist dies geschehen, so läßt sich für jede Knickspannung nach Karman ein aus zwei äußersten Werten des Elastizitätsmoduls gebildeter mittlerer Modul angeben, der für das Verhalten und streng genommen auch für unsere Rechnung maßgebend ist und zwar ist deshalb ein mittlerer zu nehmen, weil Teile des Querschnitts bei der Biegung auch entlastet werden. Ist E_1 der Modul für kleine Spannung und E_2 derjenige für die Knickspannung, so ist der maßgebende Mittelwert E_m so zu finden, daß zunächst der Querschnitt durch eine neutrale Achse geteilt wird, derart, daß die statischen Momente der Querschnittsteile sich umgekehrt wie die Elastizitätsmodule E_1 und E_2 verhalten. Sodann ist zu setzen:

$$E_m J = E_1 J_1 + E_2 J_2$$

wo J_1 und J_2 die Trägheitsmomente der Querschnittsteile in bez. auf die besagte Achse sind. Für den vollen Rechteckquerschnitt findet sich so

$$\frac{1}{\sqrt{E_m}} = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{\sqrt{E_1}} + \frac{1}{\sqrt{E_2}}\right)$$

während für den hohlen Rechteck- oder Doppelteequerschnitt sich ergibt:

$$\frac{1}{E_m} = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2}\right)$$

In letzterem Falle erhält man z. B. für $E_2 = \frac{1}{2} E_1$

$$E_m = 0{,}66\ E_1$$ [1])

Die rechnerischen Ergebnisse der oben behandelten Beispiele lassen sich leicht umdeuten, wenn man eine beobachtete Veränderlichkeit des Elastizitätsmoduls berücksichtigen will. Die Bestimmungsgleichungen für die Knoten- und die Feldmomente auf S. 11 u. 12 enthalten den Elastizitätsmodul in der Zusammenstellung EJ/S, so daß eine Veränderung von E durch eine solche der Spannkraft S aufgehoben werden kann. Allerdings kommt S dann noch explicite in den rechten Seiten der Gleichungen so vor, daß seine Änderung proportionale Änderungen der Momente hervorruft, bis auf die Winkeländerungen $\triangle\vartheta$, welche in der Form $S\triangle\vartheta$ einen quadratischen Einfluß ausüben, aber, wie man auf S. 13 sieht, im Oberholm einen sehr geringen Einfluß.

Die Umrechnung der früheren Ergebnisse möge an Hand der Fig. 13 für $E_m = 0{,}66\ E_1$ gezeigt werden:

Die Figur gilt dann nicht für dreifaches S, sondern für $0{,}66 \cdot 3$ faches S, aber ihre Ordinaten sind wegen des expliziten Vorkommens von S mit 0,66 zu multiplizieren.

Es entsteht dann also z. B. nicht das Feldmoment im Stabe 1 von 0,161 tm bei 3 facher Last, sondern ein solches von $0{,}161 \cdot 0{,}66 = 0{,}1062$ tm bei $0{,}66 \cdot 3 = 1{,}98$ facher Last bezw. die ganze Fig. 13 gilt dann nicht für 3 fache Last, sondern für 1,98 fache Belastung mit den 0,66 fachen Werten der Momente.

Wir können aber, wie gesagt, für Holzholme keine Vorschläge für die Abminderung des Elastizitätsmoduls machen, da hierzu Versuche mit dem gewählten Querschnitt nötig sind.

Es gibt allerdings auch Fälle, insbesondere bei Stahl von hoher Elastizitätsgrenze und bei weitgespannten Feldern, in denen man unbedenklich mit unveränderlichem Elastizitätsmodul rechnen darf, wie man folgendermaßen sieht:

Die Eulersche Knickformel läßt sich bekanntlich auch in der Form schreiben

$$\sigma_k = \pi^2 E (i/s)^2$$

wo σ_k die Druckspannung unter Knicklast im ungebogenen Zustande, i der Tragheitsradius des Holmquerschnitts und s die Feldweite ist. Für ein dünnwandiges Stahlrohr setze man $i^2 = \frac{d^2}{8}$, wo d der äußere Rohrdurchmesser und es werde gewählt $d/s = 0{,}025$. Dann wird:

$$\sigma_k = \pi^2 \cdot 2{,}2 \cdot 10^6 \cdot 0{,}025^2 \cdot {}^1/_8 = 1700\ \text{kg/qcm}$$

Dieser Wert ist etwa gleich der Elastizitätsgrenze von Handels-Walzeisen und weit unter derjenigen von kaltgezogenem Stahl (> 4000).

---

[1]) Karman, Untersuchungen über Knickfestigkeit, Mitt. üb. Forschungsarb., Heft 81 S. 19 ff., Julius Springer, Berlin 1910.

Bei solchen Verhältnissen dürfte man also unbedenklich mit unverändertem Modul rechnen.

Für S. 24 wird vielleicht die folgende Erläuterung den Sachverhalt deutlicher machen. Das allgemeine Knickungsproblem beruht in der folgenden Frage:

Bei welcher Belastung ist außer dem Zustande zentrischer Druckbeanspruchung noch ein anderer stabilerer Zustand von Biegung möglich und welche Biegungsspannungen treten dann an Stelle der Druckspannungen?

Die vollständige Lösung dieser Frage ist nur mit Hilfe des vollständigen Ausdrucks für den Krümmungsradius der elastischen Linie möglich, während die übliche technische Theorie der Biegungslinie nur mit einem angenäherten Ausdruck d^2y/dx^2 für die Krümmung $1/r$ arbeitet. Diese angenäherte Theorie der Biegungslinie, der wir auch hier gefolgt sind, ist nur in der Lage, den sogenannten Verzweigungspunkt der Lösung der genauen Differentialgleichung zu ermitteln, an dem die Form des reinen Druckzustandes instabil wird und die des stabileren Biegungszustandes anfängt.

Dagegen darf man von der genäherten Form der Biegungslinie, die aus Gründen der mathematischen Einfachheit auch hier gewählt werden mußte, keine Aussage über den Spannungszustand jenseits der Knicklast erwarten.

Die Frage wird nun hier noch dadurch verwickelt, daß von Anfang an infolge der Querbelastung ein Biegungszustand vorhanden ist. Die genäherte Differentialgleichung liefert unendlich große Spannungen am Verzweigungspunkt, während die genaue Gleichung zwar große aber endliche Spannungen liefern würde.

Durch die Beschränkung auf den angenäherten Wert des Krümmungsradius r wird aber ferner noch die Berücksichtigung des günstigen Einflusses der Querbelastung erschwert und zwar wie folgt:

Ein mehrfach gestützter Stab, dessen Knickfestigkeit in allen Feldern die gleiche ist, wird durch eine Längskraft in einer geschlängelten Biegungslinie aus Knicken, derart daß über den Stützpunkten Wendepunkte entstehen, d. h. die Stützmomente gleich Null sind. Bekommt derselbe Stab eine genügend große Querbelastung, so wird er in dieser Weise nicht ausknicken können, sondern in einer doppelt geschlängelten Linie, so zwar, daß die Stützmomente nicht verschwinden und die Wendepunkte sich zwischen den Stützen befinden.

Bei genügend großer, überall in gleicher Richtung wirkender Querbelastung wird also die Knickfestigkeit dadurch größer werden, daß der Zustand geringster Knicklast verhindert wird. Wie groß aber die Querbelastung sein muß, um diesen günstigen Einfluß auszuüben, kann nur durch die mathematisch viel schwierigere Verwertung der genauen Biegungslinie ermittelt werden.

Es tritt dann ein Knickzustand höherer Last ein, bei dem die Knotenmomente bei verschwindender Querbelastung nicht verschwinden, indem die Nennerdeterminante der Clapeyron-Winklerschen Gleichungen Null wird. (Siehe S. 24.)

Ist die Knickfestigkeit des Holmes nicht in allen Feldern die gleiche, so kann der Zustand des gleichzeitigen Ausknickens mit Wendepunkten an den Knoten von vornherein nicht auftreten. Es müssen vielmehr schon bei der einfach geschlängelten Form der Biegungslinie Knotenmomente auch bei verschwindender

Querbelastung vorhanden sein, d. h. die Bedingung des Verschwindens der Nennerdeterminante wird schon die maßgebende bei der niedrigsten Knicklast.

Ob nun eine Querbelastung so groß werden kann, daß nicht diese Form der einfach geschlängelten Biegungslinie mit abwechselnden Ausbauchungen, sondern die einer mehrfach geschlängelten mit Ausbauchungen in jedem Feld nach derselben Seite eintritt, kann wieder nur die genaue Form der Differentialgleichung lehren. Wenn die tragfähigere Form eintritt, muß sie aber auch einem Nullwert der Nennerdeterminante entsprechen und zwar dem nächsthöheren, denn die Determinante hat unendlich viele Nullstellen, von denen wir im Vorhergehenden nur diejenige mit der kleinsten Knicklast berechnet hatten.

Hier ist dieser günstige Einfluß der Querbelastung nicht berücksichtigt worden, wodurch wir uns auf der sicheren Seite befinden. Immerhin würde eine mathematische Sonderuntersuchung dieses Falles vielleicht technische Vorteile herauszusuchen gestatten.

Also um es zusammenzufassen:

Bei gleicher Einzelknicksicherheit aller Felder erfolgt das Ausknicken bei der Eulerschen Knicklast, und die Nennerdeterminante der Clapeyron-Winklerschen Gleichungen verschwindet bei dieser kleinsten Knicklast nicht.

Ist aber eine genügend große, in allen Feldern nach derselben Seite wirkende Querbelastung vorhanden, so ergibt das Verschwinden der Nennerdeterminante den nächsthöheren Wert der Knicklast als den maßgebenden.

Bei ungleicher Einzelknicksicherheit der Felder ist schon für die niedrigste Knicklast das Verschwinden der Nennerdeterminante maßgebend und der günstige Einfluß einer genügend großen Querbelastung bewirkt, daß ein Knicken erst bei der nächsthöheren Nullstelle der Determinante eintritt.

Wie groß die genügende Querbelastung ist und welches die Spannungen und die Biegungslinie in unmittelbarer Nachbarschaft der Knicklast werden, kann nur durch die genaue Gleichung der Biegungslinie ermittelt werden.

Zusammenfassung.

Nach Erläuterung der Besonderheiten des Aufbaues von Flugzeugen und der Abhängigkeit zwischen Flugzustand und Lastverteilung auf die Tragwände werden an einem Doppeldecker und zwei Eindeckern Beispiele für die statische Berechnung einer Tragwand gegeben.

Der Gang der Rechnungen ist der, daß zunächst die Hauptspannungen der Tragwand für gelenkige Knotenpunkte ermittelt und mit Hilfe eines Verschiebungsplanes die durchlaufenden Holme als biegungsfeste Balken mit gegebenen Stützensenkungen unter Berücksichtigung der Knickungsbiegung durch die Hauptspannungen berechnet werden.

Die aus dem Ergebnis gewonnene Verbesserung der Hauptspannungen wird als unerheblich nachgewiesen.

Die Rechnung wird für einfache und für dreifache Last durchgeführt und gezeigt, wie und in welchen Feldern infolge der Knickungsbiegung die Spannungen schneller als die Belastungen wachsen.

Die Verteilung der Maximalspannungen über den Holm wird graphisch veranschaulicht.

Der Einfluß größerer Holmsteifigkeit und starrer Verspannungen wird durchgerechnet.

Desgleichen der nicht unerhebliche Einfluß exzentrischer Knotenpunkte (Glockenkonstruktion).

Ferner werden die Knicklasten des durchlaufenden Holms durch eine Sonderlösung des Clapeyron-Winklerschen Dreimomentensatzes errechnet.

Für die Eindecker werden die Fälle durchlaufender und am Rumpf gelenkig anschließender Holme nebeneinandergestellt.

Zum Schluß folgen einige allgemeine Nutzanwendungen der Ergebnisse, dann eine Betrachtung über den Einfluß des Sinkens des Elastizitätsmoduls mit steigender Spannung und schließlich eine Erörterung des Knickungsvorganges durchlaufender Holme.

Eingegangen am 1. September 1915.
Nachträgliche Schlußbemerkung am 29. Mai 1916.

Druck von Oscar Brandstetter, Leipzig.

Nachtrag zum Jahrbuch der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt.
IV. Band, 1916. Sonderheft.

Zur „Festigkeitsberechnung der Flugzeugholme".

Von H. Reissner und E. Schwerin.

Zu unserer im IV. Band 1916 (Sonderheft) dieser Zeitschrift erschienenen Arbeit seien folgende Ergänzungen und Berichtigungen, die uns bei nochmaliger Durchsicht und nach Durchrechnung noch weiterer aus der Praxis entnommener Beispiele angebracht erscheinen, nachgetragen.

Zu S. 6.

Die hier gestellte Aufgabe, den ausgleichenden Einfluß der Tiefenkreuze der Doppeldecker bei ungleicher Belastung der Tragwände zu untersuchen, war bald darauf von uns erstmalig an einem R-Flugzeug der Deutschen Flugzeugwerke ausführlich durchgerechnet worden. Die Rechnung wurde der Flugzeugmeisterei in Adlershof zur Verfügung gestellt und ist dann bei deren Musterbeispielen verarbeitet worden. Inzwischen haben die Statiker der Flugzeugmeisterei und der Flugzeugfabriken und auch wir dieses Problem an zahlreichen weiteren Beispielen beleuchtet, die wohl in einem Veröffentlichungswerk der Flugzeugmeisterei zu finden sein werden.

Bei diesen Rechnungen hat sich herausgestellt, daß bei mehr als zwei Feldern die Spannkräfte der Tiefenkreuze empfindlich von der Querschnittswahl beeinflußt werden und insbesondere die Längenänderungen der Holmstäbe nicht vernachlässigt werden dürfen.

Man sollte es zur Regel machen, die Elastizitätsgleichungen für je zwei mögliche Verhältnisse von Holmquerschnitt zu Hauptkabelquerschnitt und Nebenkabelquerschnitt, durchzuführen, wobei man für jede dieser Kategorien mit Mittelwerten rechnen darf, und den ungünstigeren Fall zu wählen.[1])

Zu S. 9.

Müller-Breslau hat kürzlich[2]) gezeigt, daß die Berechnung der Durchbiegungen der Fachwerkzelle aus den Winkeländerungen und dieser direkt aus den Stabkräften genauer ist als die Ablesung aus einem Williotschen Verschiebungsplan und dann vorzuziehen ist, wenn die Winkeländerungen sowieso gebraucht werden.

Zu S. 11.

Bei Anwendung der S. 11 angegebenen verallgemeinerten Clapeyronschen Gleichung zur Bestimmung der Knotenmomente ist zu beachten, daß für den

[1]) Daß nicht nur die Tiefenkreuze, sondern auch die biegungsfest angeschlossenen Rippen und die Stoffbespannung eine merkliche Ausgleichung der Verspannungswände bewirken, haben die Belastungsproben und auch Rechnungen von Ballenstedt in den Techn. Ber. gezeigt. Bd. III, Heft 4, S. 100—107.

[2]) Müller-Breslau, Zur Festigkeitsberechnung der Flugzeugholme. Techn. Berichte der Flugzmst. d. Insp. d. Fliegertruppen, Aug. 1918, Bd. II, Heft 3, S. 485.

Unterholm bei dem aus Fig. 8 ersichtlichen Drehsinn der Momente unter $\triangle \vartheta_m$ die Winkeländerung zu verstehen ist, die der innerhalb des Fachwerks gelegene, von den Unterholmstäben gebildete Winkel bei der Formänderung erfährt. Diese Winkeländerungen des Unterholms sind daher nicht wie S. 9 für den Oberholm angegeben nach der Formel:

$$\triangle \vartheta_m = \frac{\delta_{m-1} - \delta_m}{s_m} - \frac{\delta_m - \delta_{m+1}}{s_{m+1}}$$

sondern nach:

$$\triangle \vartheta_m = -\frac{\delta_{m-1} - \delta_m}{s_m} + \frac{\delta_m - \delta_{m+1}}{s_{m+1}}$$

zu berechnen.

Hieraus erklären sich die Vorzeichen der in der letzten Spalte der Tabelle S. 10 angegebenen Winkeländerungen des Unterholms.

Zu S. 25.

Die hier aufgestellten Elastizitätsgleichungen für den durchlaufenden Oberholm und demgemäß auch ihre Determinante sind mit der vereinfachenden Voraussetzung aufgestellt, daß die Momente symmetrisch liegender Knotenpunkte gleich sind. Dabei ist aber nicht beachtet, daß diese Voraussetzung nur widerspruchsfrei ist für einen symmetrischen Holm mit einem Mittelfeld, d. h. mit einer ungeraden Zahl von Feldern, wie es der Unterholm dieses Beispiels ist, aber nicht für einen Holm mit einem Knotenpunkt in der Symmetrieachse, d. h. mit einer geraden Zahl von Feldern.

Hier müssen für die kleinste Knicklast die Biegungsmomente symmetrisch liegender Knotenpunkte entgegengesetzt gleich sein. Die Gleichungen und die Determinante vereinfachen sich dann dadurch, daß das Biegungsmoment M_{III} in Symmetrieachse verschwindet und die Knickbedingung nimmt den Wert an:

$$(\psi_1' + \psi_2')(\psi_2' + \psi_3') - \psi_2''^2 = 0,$$

deren Auflösung $n = 3{,}36$, d. h. 3,36 fache Belastung als kleinste Knickkraft, liefert.

Der früher abgeleitete Wert bedeutet eine größere Knickkraft, bei der in der Symmetrieachse das Biegungsmoment nicht verschwindet und die Tangente horizontal bleibt, während die kleinste mögliche Knickkraft, die ja allein wichtig ist, immer dann auftritt, wenn alle Felder abwechselnd nach verschiedenen Seiten ausknicken, was bei einer geraden Zahl von Feldern zu einer antisymmetrischen Biegungslinie und Momentenfläche führt.

Auf dies Versehen und den richtigen Wert $n = 3{,}36$ hat uns Herr Müller-Breslau aufmerksam gemacht, es war dadurch entstanden, daß wir den Unterschied zwischen Ober- und Unterholm übersehen hatten. Es ist also vielleicht zweckmäßig die folgende Regel auszusprechen:

Die kleinste Knickkraft für eine symmetrische Holmanordnung entsteht bei einer ungeraden Anzahl von Feldern, d. h. bei Vorhandensein eines Mittelfeldes, durch eine symmetrische Momentenfläche und Biegungslinie, dagegen bei einer geraden Zahl von Feldern durch eine antisymmetrische Momentenfläche und Biegungslinie.

Zu S. 26.

Hier ist zu bemerken, daß die Exzentrizität der Knotenpunkte nicht nur die Knotenmomente, sondern auch die Längskräfte beeinflußt, da die Holmbiegungen große Entfernungsänderungen der exzentrischen Knotenpunkte bedingen und also auch beträchtliche Knotenpunktsverschiebungen hervorrufen und bei statisch unbestimmten Systemen die Elastizitätsgleichungen beeinflussen. Hierauf hat neuerdings Müller-Breslau[3]) an Hand von Zahlenbeispielen aufmerksam gemacht. Man sollte also bei exzentrischen Knotenpunkten nicht nur wie oben die Biegungsmomente, sondern auch die Längskräfte korrigieren.

Zu S. 38 u. 44:

Trotzdem es sich in dem einen Falle des gelenkig angeschlossenen Holms um Felder von überall gleicher Knicksicherheit handelt, ist hier versehentlich die erste Wurzel der Determinantengleichung als maßgebend für die Knickfestigkeit angegeben, während doch in solchem Fall nach S. 24 u. 48 die Einzelknickbedingung die maßgebende ist. Die in Klammern stehenden Zahlen sind also nicht maßgebend, sondern bedeuten ein Ausknicken unter höherer Last als der kleinsten Knicklast.

Zu der Frage der Belastungsstufen, die wir hier immer genügend weit von der Knickgrenze entfernt gehalten haben, ist nachzutragen, daß die militärische Behörde in der letzten Zeit die Spannungsberechnung in der Nähe der Bruchlast verlangt hat, obgleich in diesem Bereich gewöhnlich nicht nur die Knickgrenze liegt, sondern auch von konstantem Elastizitätsmodul nicht mehr gesprochen werden kann.

Von den Verfassern ist von dieser Forderung immer abgeraten worden, da nicht nur die Lastverteilung auf die Knotenpunkte ganz unbestimmt wird, sondern überhaupt die Grundlagen der Berechnung nicht mehr zutreffen. Trotzdem legte die Behörde auf diese Scheinberechnungen Wert, weil sie aus dem Vergleich mit dem tatsächlichen Bruchversuch Anhaltspunkte zu gewinnen glaubt für die Verfeinerung der Bauvorschriften.

Zu der Frage der Knicksicherheit der Holme haben sich inzwischen noch Pröll[4]), Müller-Breslau[5]), Ratzersdorfer[6]), Heymann[7]), Trefftz[8]) und Reissner[9]) geäußert.

Heymann und Ratzersdorfer diskutieren interessante Fälle der Nennerdeterminanten genauer, Müller-Breslau zeigt, was bisher noch nicht bewiesen

[3]) a. a. O., S. 513—521. Auch Pröll in der Zeitschr. f. Flugt. u. Motorluftsch. 1917. Heft 17/18, S. 133.

[4]) Ztschr. f. Flugt. u. Motorluftsch., 1917, Heft 17/18, S. 133 u. 1918, Heft 21/22, S. 142.

[5]) Centralbl. d. Bauverw. 1919, S. 13. Ztschr. f. Flugt. u. Motorluftsch., 1918, Heft 17/18, S. 105. Techn. Berichte d. Flugzmstr., Aug. 1918, Bd. 2, Heft 3, S. 485.

[6]) Ztschr. f. Flugt. u. Motorluftsch. 1918, Heft 19/20, S. 131.

[7]) Berechnungsbeispiele der Flugzeugmeisterei.

[8]) Zeitschr. f. Flugt. u. Motorluftsch. 1918, Heft 15/16, S. 101.

[9]) „ „ „ „ „ „ Heft 19/20, S. 125.

war, daß bei Erreichung der Einzelknickgrenzen der Felder von Holmen ungleicher Einzelknicksicherheit alle Momente endlich bleiben und bestimmte Werte erhalten, trotzdem sie zunächst in der Form Null durch Null auftreten. Außerdem untersucht er den bei einer in Tragwand und Horizontalverspannung ungleichen Felderteilung vorliegenden Stab mit sprungweise veränderlicher Achsialkraft, wobei die durch die Rippen übertragene Querbelastung in der der Wirklichkeit mehr entsprechenden Form von Einzellasten angenommen wird, und weist an zwei Zahlenbeispielen nach, daß die übliche Annahme eines mittleren konstanten Holmdrucks bei gleichförmiger Querbelastung zulässig ist.

Trefftz und Reissner untersuchen die Biegungslinie bei Querbelastung in der Nähe der Knickgrenze nach der genauen Differentialgleichung ersterer analytisch, letzterer graphisch, beide freilich nur unterhalb der Elastizitätsgrenze.

Durch alle diese Arbeiten sind unsere Ausführungen über Knicksicherheit der Holme auf S. 24, 25 und 48 in jeder Beziehung bestätigt worden.

Schließlich möge noch auf das reiche in den Techn. Ber. der Flz. in den Berechnungsbeispielen und den Abnahmebedingungen der Flugzeugmeisterei und des Reichsmarineamtes niedergelegte Material über die typischen Belastungsfälle des Gleit-, Sturz- und Rückenfluges, die Landungsbeanspruchung, die Berechnung der Steuerflächen, des Fahr- und Schwimmergestells und der Rümpfe für die verschiedenen Flugzeugarten hingewiesen werden, das hoffentlich noch eine zusammenfassende Veröffentlichung finden wird.

Berlin, Februar 1919.

Jahrbuch der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt

V. Band 1920



Zur Beachtung

Der vorhergehende IV. Band des Jahrbuchs umfasst nur das 1916 erschienene Sonderheft.

Die Verlagsbuchhandlung

ger

war, daß bei Erreichung der Einzelknickgrenzen der Felder von Holmen ungleicher Einzelknicksicherheit alle Momente endlich bleiben und bestimmte Werte erhalten, trotzdem sie zunächst in der Form Null durch Null auftreten. Außerdem untersucht er den bei einer in Tragwand und Horizontalverspannung ungleichen Felderteilung vorliegenden Stab mit sprungweise veränderlicher Achsialkraft, wobei die durch die Rippen übertragene Querbelastung in der der Wirklichkeit mehr entsprechenden Form von Einzellasten angenommen wird, und weist an zwei Zahlenbeispielen nach, daß die übliche Annahme eines mittleren konstanten Holmdrucks bei gleichförmiger Querbelastung zulässig ist.

Trefftz und Reissner untersuchen die Biegungslinie bei Querbelastung in der Nähe der Knickgrenze nach der genauen Differentialgleichung ersterer analytisch, letzterer graphisch, beide freilich nur unterhalb der Elastizitätsgrenze.

Durch alle diese Arbeiten sind unsere Ausführungen über Knicksicherheit der Holme auf S. 24, 25 und 48 in jeder Beziehung bestätigt worden.

Schließlich möge noch auf das reiche in den Techn. Ber. der Flz. in den Berechnungsbeispielen und den Abnahmebedingungen der Flugzeugmeisterei und des Reichsmarineamtes niedergelegte Material über die typischen Belastungsfälle des Gleit-, Sturz- und Rückenfluges, die Landungsbeanspruchung, die Berechnung der Steuerflächen, des Fahr- und Schwimmergestells und der Rümpfe für die verschiedenen Flugzeugarten hingewiesen werden, das hoffentlich noch eine zusammenfassende Veröffentlichung finden wird.

Berlin, Februar 1919.

Jahrbuch der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt

V. Band 1920



Berlin
Verlag von Julius Springer
1920

Inhaltsverzeichnis.

Geschäftliches. Seite

I. Gesamtvorstand 1

II. Geschäftsführender Vorstand, Geschäftsstelle usw. 2

III. Wissenschaftlich-Technischer Ausschuß 2

IV. Unterausschüsse 2

V. Mitglieder 3

Kurzer Bericht über den Verlauf der IV. Ordentlichen Mitglieder-Versammlung 1918 . . . 14

Ausführlicher Bericht über die IV. Ordentliche Mitglieder-Versammlung 1918

A. Die geschäftlichen Verhandlungen 17

B. Die wissenschaftlichen Verhandlungen 34

„Tragflächen-Auftrieb und Widerstand in der Theorie" von Prof. Dr. L. Prandtl, Göttingen 37

Wir möchten an dieser Stelle die ganz besondere Bitte an die verehrlichen Mitglieder richten, uns vor der nächsten Versammlung die Adressen aller in Frage kommenden ihnen bekannten Stellen gütigst mitteilen zu wollen, damit die Einladungen möglichst vollständig ergehen. Diese Adressenangabe ist auch deshalb von großem Wert, weil wir hierdurch die rege Werbetätigkeit der Mitglieder, die unbedingt nötig ist, am besten unterstützen können.

Jahrbuch der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt

V. Band 1920



Berlin
Verlag von Julius Springer
1920

I. Gesamtvorstand.

(Nach dem Stande vom 1. November 1919.)

Ehrenvorsitzender:

SEINE KÖNIGLICHE HOHEIT
PRINZ HEINRICH VON PREUSSEN,
Dr.-Ing.

Vorsitzende:

Geheimer Regierungsrat Dr. phil h. c. Dr.-Ing. e. h. Dr. von Böttinger, Arensdorf i. d. Neum.,
Professor Dr. L. Prandtl, Göttingen,
Geheimer Regierungsrat Professor Dr.-Ing. Barkhausen, Hannover,
Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Hergesell, Lindenberg (Kreis Beeskow).

Beisitzer:

Hauptmann d. R. Professor Dr. Ahlborn-Hamburg, Hauptmann d. R. Professor Dr.-Ing. Bendemann-Berlin, Direktor der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, Wirklicher Geheimer Admiralitätsrat Capelle-Hamburg, Direktor der Deutschen Seewarte, Leutnant d. R. Dr. Dieckmann-Gräfelfing bei München, Marine-Schiffsbaumeister Dröseler-Berlin, Marine-Baurat Engberding-Berlin-Schöneberg, Hofrat Professor Dr. Finsterwalder-München-Neuwittelsbach, Hofrat Professor Dr. Friedländer-Littenweiler b. Freiburg i. Br., Fabrikbesitzer Dr.-Ing. h. c. Gradenwitz-Berlin-Grunewald, Bankier Hagen-Berlin, Professor Dr.-Ing. e. h. Dr. phil. h. c. Klingenberg-Charlottenburg, Direktor der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Professor Dr. Linke-Frankfurt a. M., Exzellenz Mauve-Berlin, Präsident der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, Vizeadmiral z. D. Exzellenz von Merten-Beeskow (Mark), Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Eugen Meyer-Charlottenburg, Geheimer Regierungsrat Professor Müller-Breslau-Berlin-Grunewald, Mitglied der Akademie der Wissenschaften, Wirklicher Geheimer Rat Exzellenz Naumann-Berlin, Dr.-Ing. h. c. Oertz-Hamburg, Generalmajor Oschmann-Berlin-Steglitz, Direktor Rasch Staaken, Zeppelin-Werke, Professor Dr.-Ing. Reissner-Berlin-Wilmersdorf, Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Romberg-Berlin-Nikolassee, Geheimer Regierungsrat Professor Dr.-Ing. e. h. Schütte-Zeesen bei Königswusterhausen, Oberstleutnant a. D. Siegert-Charlottenburg, Graf von Sierstorpff-Eltville a. Rh., Wirklicher Geheimer Rat Exzellenz von Valentini-Hameln, Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Wachsmuth-Frankfurt a. M., Major Wagenführ-Berlin, Wirklicher Geheimer Oberbaurat Dr.-Ing. Zimmermann-Berlin.

Kommissare der Behörden: Ministerialdirektor Dammann-Berlin (Reichsamt des Innern), Kapitänleutnant z. S. Eberius-Kiel (Inspektion des Torpedowesens), Geheimer Baurat Lerche-Zehlendorf-West (Reichspostamt), Korvettenkapitän Faber-Berlin (Marineflugchef), Geheimer Marinebaurat Reitz-Berlin (Abteilungschef im Reichsmarineamt), Oberst Thomsen-Berlin (Chef der Luftfahrtabteilung des Kriegsministeriums), Hauptmann Willikens-Berlin (Inspektion der Luftschiffertruppen), General der Infanterie Exzellenz von Haenisch-Berlin (Generalinspektion des Militärverkehrswesens).

II. Geschäftsführender Vorstand.

Geheimer Regierungsrat Dr. von Böttinger-Arensdorf i. d. Neumark,
Professor Dr. Prandtl-Göttingen,
Geheimer Regierungsrat Professor Dr.-Ing. Barkhausen-Hannover,
Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Hergesell-Lindenberg (Kreis Beeskow).

Geschäftsführer:

Hauptmann a. D. Krupp.
Geschäftsstelle: Berlin W. 35, Schöneberger Ufer 40 pt., Flugverbandhaus.
Telegrammadresse: Flugwissen; Telephon: Amt Lützow Nr 6508.

III. Wissenschaftlich-Technischer Ausschuß.

Vorsitzender: Major Professor Dr.-Ing. von Parseval-Charlottenburg.

IV. Unterausschüsse.

Ausschuß zur Beurteilung von Erfindungen.

Obmänner: Major Professor Dr.-Ing. von Parseval-Charlottenburg, Professor Romberg-Berlin-Nikolassee.

Ausschuß für literarische Auskünfte und Literaturzusammenstellung.

Obmann: Professor Dr.-Ing. Bendemann-Berlin.

Ausschuß für Motoren.

Obmann: Professor Romberg-Berlin-Nikolassee.

Ausschuß für konstruktive Fragen mit besonderer Berücksichtigung der Sicherheitsvorschriften.

Obmann: Professor Dr.-Ing. Reissner-Berlin-Wilmersdorf.

Ausschuß für medizinische und psychologische Fragen.

Obmann: Hofrat Professor Dr. Friedländer-Littenweiler b. Freiburg i. Br.

Ausschuß für Vereinheitlichung der Fachsprache.

Obmann: Geheimrat Professor Dr. Eugen Meyer-Charlottenburg.

Ausschuß für Meßwesen.

Obmann: Geheimrat Professor Dr. Wachsmuth-Frankfurt a. M.

Ausschuß für Aerologie.

Obmann: Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Hergesell-Lindenberg (Kreis Beeskow).

Ausschuß für elektrostatische Fragen.

Obmann: Professor Dr. Linke-Frankfurt a. M.

Ausschuß für drahtlose Telegraphie.

Obmann: Privatdozent Dr. Dieckmann-Gräfelfing bei München.

Ausschuß für Navigierung.

Obmann: Wirklicher Geheimer Admiralitätsrat Capelle-Hamburg.

Kommission für einen Wettbewerb um einen aufzeichnenden Beschleunigungsmesser für Flugzeuge.

Obmann: Professor Dr.-Ing. Reissner-Berlin-Wilmersdorf.

Kommission zur Aufstellung grundlegender Berechnungssätze für den Flugzeugbau und Aufstellung von Belastungsversuchen.

Obmann: Professor Dr.-Ing. Reissner-Berlin-Wilmersdorf.

Wertungsformel-Kommission.

Obmann: Professor Dr.-Ing. Reissner-Berlin-Wilmersdorf.

Ärzte-Kommission.

Obmann: Hofrat Professor Dr. Friedländer-Littenweiler b. Freiburg i. Br.

V. Mitglieder.

a) Lebenslängliche Mitglieder.

Biermann, Leopold O. H., Landsitz „Hoher Kamp", Post St. Magnus b. Bremen.

Hagen, Karl, Bankier, Berlin W. 35, Derfflingerstr. 12. (Sommeradresse; Wildpark-Potsdam.)

Selve, Walter, Rittmeister, Fabrik- und Rittergutsbesitzer, Altena i. W.

Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt E. V., Berlin SW. 61, Belle-Alliance-Platz 2. Vertreter: Exz. Mauve, Vizeadm. z. D., Präsident der D. V. L.

Sächs. Automobil-Klub E. V., Dresden-A., Waisenhausstr. 29 I.

b) Ordentliche Mitglieder.

Ackermann-Teubner, Alfred, Hofrat, Dr.-Ing. h. c., Leipzig, Poststr. 3.

Ahlborn, Friedrich, Professor Dr., Hauptmann d. R., Hamburg 22, Uferstr. 23.

Antrick, Otto, Dr., in Firma Chem. Fabrik auf Aktien vorm. E. Schering, Berlin-Westend, Ahornallee 25.

Apfel, Hermann, Kaufm., Leipzig, Brühl 62.

Arco, Georg, Graf, Dr. phil. h. c., Direktor der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Tempelhof, Albrechtstr. 49/50.

Bader, Hans Georg, Dr.-Ing., Berlin W. 30, Stübbenstr. 8.

Banki, Donat, Professor, Budapest, Ung. Josefs-Polytechnikum.

Barkhausen, Geh. Regierungsrat Professor Dr.-Ing., Hannover, Oeltzenstr. 26.

Basenach, Nikolas, Dr.-Ing., Maybach-Motorenbau Wildpark-Potsdam, Potsdam, Marienstr. 9.

Bauersfeld, W., Dr.-Ing., Jena, Sonnenbergstr. 1.

Baumann, A., Professor, Stuttgart, Danneckerstr. 39a.

Baumgart, Max, Leutnant d. R., Ingenieur, Berlin W. 57, Winterfeldstr. 15.

Bayer, Friedrich, Geh. Kommerzienrat, Elberfeld. (Sommersitz: Hochdahl-Düsseldorf)

Becker, Eduard, in Firma Fuess, Berlin-Steglitz, Düntherstr. 8.

Becker, Ernst, Regierungsbaumeister, Charlottenburg, Kesslerstr. 43.

Bendemann, F., Professor Dr.-Ing., Direktor der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, Berlin SW. 61, Belle-Alliance-Platz 2.

Berndt, Geh. Baurat Professor, Techn. Hochschule, Darmstadt, Martinstr. 50.

Bernhardt, C. H., Fabrikbesitzer, Dresden-N., Alaunstr. 21.

Berson, A., Professor, in Firma C. P. Goerz Optische Anstalt, Berlin-Lichterfelde-West, Fontanestr. 2b.

Bertram, Kapitänleutnant, Warnemünde, Seeflugzeugversuchskommando.

Besch, Marinebaurat, Reichmarineamt (Luftfahrtabteilung), Berlin W. 10, Königin-Augusta-Str. 38/42.

Betz, Albert, Dipl.-Ing. Dr. phil., Abt.-Leiter der Modellversuchsanst., Göttingen, Böttingerstr. 8.

Beyer, Hermann, Chem. Bleicherei Öderan, Dresden, Prager Str. 47.

Bier, Heinrich, Oberleutnant a. D., Generaldirektor d. Ung. Lloyd-Flugzeug- u. Motorenfabrik, Budapest V, Tükör Utcza 2.

Blasius, H., Dr., Hamburg 22, Richardstr. 50a I.

Blumenthal, Otto, Professor Dr., Techn. Hochschule, Aachen, Rütscherstr. 38.

Bock, Ernst, Dr.-Ing., Chemnitz, Würzburger Str. 52.

v. **Borsig**, Conrad, Geh. Kommerzienrat, Berlin N. 4, Chausseestr. 13.

v. **Borsig**, Ernst, Geh. Kommerzienrat, Berlin-Tegel, Reiherwerder.

v. **Böttinger**, Henry T., Geheimer Reg.-Rat Dr. phil. h. c. Dr.-Ing. e. h., Arensdorf i. d. Neumark.

Boykow, Hans, Leutnant, in Firma Optische Anstalt C. P. Goerz, Berlin-Schöneberg, Hauptstr. 85.

Brauer, E., Geh. Hofrat Professor Dr., Techn. Hochschule, Karlsruhe (Baden), Mathystr. 20.

Bredenbreuker, Major, Berlin-Schöneberg, Martin-Luther-Str. 47.

Brickenstein, Oskar, Kaufmann, Berlin-Friedenau, Kaiser-Allee 79a.

Bucherer, Max, Ziviling., Reinickendorf-West, Scharnweberstr. 108 I.

Budde, Professor Dr., Berlin-Wilmersdorf, Xantener Str. 7. (Sommeradresse: Feldafing am Starnberger See).

v. **Buttlar**, Hauptmann, Charlottenburg, Dahlmannstr. 19.

Capelle, Wirkl. Geh. Admiralitätsrat, Direktor der Deutschen Seewarte, Hamburg 9.

Carganico, Hptm., i. Fa. Franz Schneider, Flugmaschinenwerke, Berlin-Steglitz, Mariendorferstr. 29.

Cohnheim, O., Professor, Hamburg, Loogestieggasse 13.

Coulmann, W., Marinebaurat, Kid-Wik, Woldemarstr. 7.

Dammann, Ministerialdirektor, Berlin W. 8, Reichsamt des Innern.

Dechamps, H., Obering., Bremen, Hornerstr. 37.

Degn, P. F., Dipl.-Ing., Neumühlen-Dietrichsdorf, Katharinenstr. 3.

Deutrich, Joh., Leutnant d. R., Automobil & Aviatik A.-G., Leipzig, Fockestr. 19 pt.

Dieckmann, Max, Privatdozent Dr., Gräfelfing b. München, Bergstr. 42.

Dingslage, Franz, Obering., in Firma Siemens & Halske, Berlin W.50, Marburger Str. 5.

v. **Doblhoff**, Walther, Frhr., Dr.-Ing., Oberingenieur d. Imperator-Werke Wittenau, Hermsdorf b. Berlin, Kaiserstr. 25.

Dorner, H., Dipl.-Ing., Hannover, Hindenburgstr. 25.

Dornier, C., Dipl.-Ing., Friedrichshafen a. B., Königsweg.

Dörr, W. E., Dipl.-Ing., Direktor des Luftschiffbau Zeppelin, Staaken b. Spandau.

Drechsel, Hauptmann, Karlshorst, Riastr 5.

Drexler, Franz, Ingenieur, Direktor der Kreiselbau G. m. b. H., Berlin-Friedenau, Kaiserallee 118.

Dröseler, Marine-Schiffsbaumeister, Berlin SW. 11, Hallesche Str. 19.

Duisburg, Carl, Generaldirektor, Geh. Reg.-Rat Professor Dr.-Ing., Dr. med., Leverkusen b. Köln a. Rh.

Dürr, Oberingenieur Dr.-Ing. h. c., Direktor der Luftschiffbau Zeppelin G. m. b. H., Friedrichshafen a. B.

Eberhardt, C., Dipl.-Ing., Professor a. d. Techn. Hochschule, Darmstadt, Inselstr. 43 I.

Eberius, Kapitän z. S., Kiel, Inspektion des Torpedowesens.

Ehrensberger, Dr., Direktor in Firma Krupp, Traunstein (Oberbayern).

v. Einsiedel, Hugo, Dr. med., prakt. Arzt, Dresden, Reichenbachstr. 1.

Eisenlohr, Roland, Dipl.-Ing., Karlsruhe (Baden), Jahnstr. 8.

Emden, Professor Dr., München, Habsburger Str 4.

Engberding, Marinebaurat, Berlin-Schöneberg, Grunewaldstr. 59.

Everling, E., Dr., Privatdozent, Abteilungsleiter der D. V. L., Cöpenick, Lindenstr. 10.

Faber, Korvettenkapitän, Marineflugchef, Berlin, Viktoriastr. 33.

Fehlert, Patentanwalt Dipl.-Ing., Berlin SW., Belle-Alliance-Platz 17.

Fiedler, Wilhelm, Kaufmann, Dresden-A., Bergstr. 15 pt.

Finsterwalder, Geh. Reg.-Rat Professor Dr., München-Neuwittelsbach, Flüggenstr. 4.

Fischer, Emil, Exzellenz, Wirklicher Geh. Reg.-Rat Professor Dr., Berlin N. 4, Hessische Str 2.

Fischer, P. B., Professor, Berlin-Lichterfelde-West, Sternstr. 31 a.

Fleischer, Alex. Friedr., Kaufmann, Neukölln, Selchower Str. 23/24 II.

Focke, Henrich, cand. ing., Hannover, Gerberstr. 25 II.

Föttinger, H., Professor Dr.-Ing., Zoppot, Budekerweg 13.

Franken, Regierungsbaumeister, in Firma Stern-Sonneborn, Berlin N., Gerichtstr. 27.

v. Fremery, Hermann, Direktor, Schloß Spindlhof Post Regenstadt.

Freudenreich, Walter, Ingenieur, Charlottenburg, Pestalozzistr. 35.

Friedländer, Hofrat Professor Dr., Littenweiler b. Freiburg i. Br., Haus Sonnblick.

Friese, Robert M., Professor, Charlottenburg, Schillerstr. 12.

Fröbus, Walter, Direktor der Luft-Fahrzeug-Gesellschaft m. b. H., Charlottenburg, Kaiserdamm 10.

Froehlich, Wilhelm, Ingenieur u. Generaldirektor a. D., Berlin-Wannsee, Tristanstr. 11.

Fuchs, Richard, Professor Dr., Berlin-Halensee, Ringbahnstr. 7.

Fuess, Paul, Fabrikant, Berlin-Steglitz, Fichtestr. 45.

v. Funcke, Major, Dresden-N., Arndstr. 9.

Gabriel, Michael, Direktor und Verwaltungsrat d. Phönix-Flugzeugw., Wien IV, Wiedener Hauptstr. 17 (Habighof).

Gans, Leo, Geh. Kommerzienrat Dr. Dr. med. h. c., Frankfurt a. M., Barkhausenstr. 14.

Gaule, Karl, Dipl.-Ing., Technische Hochschule, Danzig-Langfuhr.

Gebers, Professor Dr.-Ing., Direktor der Schiffbautechn. Versuchsanstalt, Wien XX, Brigittenauerlände 255.

Geerdtz, Franz, Hauptmann, Charlottenburg, Kaiserallee, Ecke Waghäuselerstr.

Gehlen, K., Dr.-Ing., Leiter der Abt. Flugzeugbau der A.-G. „van Berkel's Patent", Rotterdam, Heemraadsiegel 104.

George, Major, Verkehrstechnische Prüfungskommission, Charlottenburg, Mindener Str. 24.

Gerdien, Hans, Professor Dr. phil., Leiter. des chem.-physik. Laboratoriums von Siemens & Halske, Berlin-Grunewald, Franzensbader Str. 5.

Gerhards, Wilhelm, Marine-Oberingenieur, Kiel, Lübecker Chaussee 2 I.

Giesecke, Ernst, Ökonomierat, Klein-Wanzleben (Bez. Magdeburg).

Giessen, Torpedo-Chef-Ingenieur, Reinfeld.

Glaser, J. Ferdinand, Ingenieur, Frankfurt a. M., Leerbachstr. 54 I.

Goebel, Ernst, Dipl.-Ing., Charlottenburg, Roscherstr. 15 II.

Gohlke, Ingenieur, Leutnant d. L., Berlin-Steglitz, Ahornstr. 3.

Goldschmidt, Hans, Professor Dr., Berlin NW. 7, Mittelstr. 2—4 II.

Goldschmidt, Karl, Kommerzienrat Dr., Essen (Ruhr), Chem. Fabrik u. Zinnhütte

Goldstein, Karl, Dipl.-Ing., Diskuswerke, Frankfurt a. M., Neue Mainzer Str. 24.

Grade, Hans, Ingenieur, Bork, Post Brück (Mark).

Gradenwitz, Richard, Ingenieur, Fabrikbesitzer Dr.-Ing. h. c., Berlin-Grunewald, Winklerstr. 6.

Gramberg, A., Professor Dr., Oberingenieur der Höchster Farbwerke, Frankfurt a. M., Bürgerstr. 68.

Grammel, R., Dr., Halle/S., Yorkstr. 11.

van Gries, Aloys, Leutnant d. R., Dipl.-Ing., Rheinbrohl, Hauptstr. 98.

Grod, C. M., Dipl.-Ing., in Firma Kondor Flugzeugwerke G. m. b. H., Essen, Postfach 276.

Grosse, Professor Dr., Vorsteher des meteorologischen Observatoriums, Bremen, Freihafen 1.

Grübler, M., Geheimrat Professor Dr., Dresden-A., Bernhardstr. 98.

Gruhlich, E., Dr. med., Höchst i. Odenwald.

Grulich, Karl, Dipl.-Ing., Oberingenieur der Werft Warnemünde des Flugzeugbau Friedrichshafen G. m. b. H., Warnemünde, Diedrichshäger Chaussee 5.

Gsell, Robert, Dipl.-Ing., stellv. Leiter d. Instrumentenabt. d. D. V. L., Grünau (Mark), Wilhelmstr. 1.

Gümbel, Professor Dr.-Ing., Leutnant d. R., Charlottenburg, Schloßstr. 66.

Gutbier, Walter, Ingenieur und Direktor der Flugmaschine Rex G. m. b. H., Köln-Ossendorf.

Gutermuth, Ludno, Dipl.-Ing., Lt. d. R., Berlin W. 62, Kleiststr. 34, Pension Gubner.

Haas, Rudolf, Dr.-Ing., Herrenalb (Württ.), Elbinger Str. 113.

Haber, Fritz, Geh. Reg.-Rat Professor Dr., Direktor d. K.-W.-Institutes f. Physik, Chemie u. Elektrochemie, Berlin-Dahlem, Faradayweg 8.

Hahnemann, W., Direktor der Signal-Gesellschaft m. b. H., Kiel, Werk Ravensburg, Am Habsburger Ring.

Halben, Dr., Augenarzt, Berlin W. 15., Fasanenstr. 72 pt.

Hanfland, Curt, Ing., Berlin W., Bayreuther Str. 7.

v. Hänisch, Exzellenz, General d. Inf., Generalinspekteur d. Militär-Verkehrswesens Berlin W. 15, Kurfürstendamm 179.

Harmsen, Conrad, Dipl.-Ing. für Schiffbau, Cöpenick-Wendenschloß, Fontanestr. 12.

Harpner, Robert, Ingenieur, Geschäftsführer der E. Rumpler-Luftfahrzeugbau G. m. b. H., Berlin NW. 21, Dortmunder Str. 14.

Hassenbach, Hermann, Dipl.-Ing., Danzig-Langfuhr, Gustav-Radde-Weg 3 pt.

Hatlapa, Willy, Dipl.-Ing., Aachen, Düppelstr. 20.

Heidelberg, V., Dipl.-Ing., Bensberg b. Köln, Kol. Frankenforst.

Heimann, Dr. jur., 1. Direktor d. Knappschafts-Rückversicherungsverbandes in Charlottenburg, Berlin-Grunewald, Joseph-Joachim-Str. 23.

Heimann, Heinrich, Dr. phil., Dipl.-Ing., Berlin-Wilmersdorf, Motzstr. 38.

Heinkel, Ernst, Ingenieur, Direktor der Hansa- und Brandenburgischen Flugzeugwerke A.-G., Grumbach b. Schorndorf (Württemberg).

Heinrich, Prinz von Preußen, Königliche Hoheit, Dr.-Ing., Kiel.

Heinrich, Waldemar, Betriebsing., Halle a. S., Schillerstr. 28.

Heis, Bernhard, Dr., Hauptmann d. R., Göttingen, Friedländerweg 13.

Hergesell, H., Geh. Reg.-Rat Professor Dr., Präsident d. Dt. Luftfahrerverbandes, Lindenberg (Kr. Beeskow), Pr. Aeronaut. Observatorium.

Herrmann, A., Regierungsbaumeister, Dipl.-Ing., Zeppelinwerke Staaken bei Spandau.

Herzing, Wilhelm, Kaufmann, Dresden-A., Reichsstr. 11 II.

Hiehle, K., Oberingenieur d. Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Mannheim S. 6. 25.

Hildebrandt, Dr. phil., Hauptmann a. D., Goslar a. H., Zeppelinstr. 3.

Hirth, Helmuth, Leutnant d. R., Obering., Cannstatt b. Stuttgart, Pragstr. 34.

v. Hofe, Chr., Dr. phil., Zehlendorf (Wsb.), Parkstr. 3.

Hoff, C. Th. Wilhelm, Dr.-Ing., stellv. Dir. d. D. V. L., Cöpenick, Gutenbergstr. 2.

Hoffmann, Dipl.-Ing., Direktor d. Aviatik A.-G., Leipzig-Heiterblick.

Hohenemser, M. W., Bankier, Frankfurt a. M., Neue Mainzer Str. 25.

Hopf, L., Dr., Walchstadt Post Ebenhausen.

Hormel, Walter, Kapitänleutnant a. D., Warnemünde, Moltkestr. 9, Villa Troja.

v. Hoernes, Hermann, Oberst, Linz a. D., Roseggerstr. 3.

Horstmann, Marinebaumeister, Warnemünde, Haus Ilse.

Hromadnik, Julius, Ingenieur, Oberleutnant d. R., Schwanheim b. Frankfurt a. M., Schwanthaler Str. 55.

Huppert, Professor, Direktor des Kyffhäuser Technikums, Frankenhausen a. Kyffhäus.

Huth, Erich F., Dr.-Ing., Berlin W. 30, Landshuter Str. 9.

Huth, Fritz, Professor Dr., Neukölln, Bergstraße 135.

Jablonsky, Bruno, Berlin W. 15, Kurfürstendamm 18.

Jaekel, Kurt, Zivilingenieur, Berlin W. 62, Lutherstr. 50.

Joachimczyk, Alfred Marcel, Dipl.-Ing., Berlin W., Courbierestr. 96.

Jonas, Otto, Bankier, Hamburg, Neuerwall 26/28.

Joseph, Ludwig, Justizrat, Rechtsanwalt Dr., Hauptmann d. R., Frankfurt a. M., Taunusstr. 1.

Junkers, Hugo, Professor Dr.-Ing. e. h., Dessau, Albrechtstr. 47.

Kann, Heinrich, Oberingenieur, Charlottenburg, Ilsenburger Str. 2.

v. **Karman**, Th., o. Prof. a. d. Techn. Hochschule Aachen, Lousbergstr. 20.

Kasinger, Direktor, Berlin W. 35, Schöneberger Ufer 40.

v. **Kehler**, Richard, Major, Charlottenburg, Dernburgstr. 49.

Kelling, Erich, Dipl.-Ing., Leutnant d. R., Rostock (Mecklbg.), Blücherstr. 20.

Kempf, Günther, Dr.-Ing., Oberleutnant d. R., Hamburg-Bergedorf, Ernst-Mantius-Str. 22.

Kiefer, Theodor, Chefingenieur d. Luftfahrzeug-Gesellschaft, Bitterfeld, Kaiserstr.40

Kirste, Leo, Dipl.-Ing., Wien II, Erzherzog-Karl-Platz 18 T. 12.

Klingenberg, G., Professor Dr., Dr.-Ing. h. c., Dr. phil., Charlottenburg, Neue Kantstr. 21.

Knoller, R., Professor, Wien VI, Röstlergasse 6.

Knorr, Robert, Dipl.-Ing., München, Galeriestr. 35a I. Pension Rub.

Kober, Th., Dipl.-Ing., Direktor d. Flugzeugbau Friedrichshafen G. m. b. H., Friedrichshafen a. B.

Koebe, Paul, o. Professor Dr., Jena, Scheidestr. 2.

Kölzer, Josef, Dr., Meteorologe, Leutnant d. R., Berlin W. 30, Nollendorfstr. 29/30.

Koenig, A., Dipl.-Ing., Berlin W. 62, Nettelbeckstr. 17 II.

Kook, E., Dipl.-Ing., Köln-Ehrenfeld, Gutenbergstr. 130.

Krause, H., Marinebaumeister, Warnemünde, Blücherstr. 5.

Krause, Max, Fabrikbesitzer, Berlin-Steglitz, Grunewaldstr. 44.

Krell, O., Professor, Direktor der Siemens-Schuckert-Werke, Berlin-Dahlem, Cronberger Str. 26.

Krey, H., Regierungsbaurat, Leiter der Versuchsanstalt f. Wasserbau u. Schiffbau, Charlottenburg, Leibnizstr. 20 III.

Kromer, Ingenieur, Leutnant d. R., Leiter d. Abt. Luftfahrzeugbau d. Polytechnikums Frankenhausen a. Kyffh.

Krupp, Hauptmann, Geschäftsführer der W. G. L., Charlottenburg, Kaiserdamm 23, II, Eingang Stülpnagelstr.

Kutta, Wilhelm, Professor Dr., Stuttgart, Römerstr. 138 I.

Kutzbach, K., Professor, Direktor am Versuchs- u. Materialprüfungsamt d. Techn. Hochschule Dresden, Dresden-A., Liebigstr. 22.

Lange, Marineoberingenieur, Flensburg.

Lanz, Karl, Dr., Mannheim, Carolastr. 18.

Laudahn, Wilhelm, Marinebaurat, Berlin-Lankwitz, Meyer-Waldeckstr. 2 pt.

v. **Ledermann**, H., Rittergutsbesitzer, Breslau V, Museumsplatz 15 I.

Leiber, J. E., Direktor, Leipzig-Gohlis, Kleiststr. 8.

v. **Lepel**, Egbert, Rittmeister a. D., Ingenieur, Berlin-Wilmersdorf, Weimarische Str. 4.

Lerche, Geh. Baurat, Zehlendorf, Rotherstieg 8.

Leuschel, Franz, Marineoberingenieur, List auf Sylt.

Lewald, Th., Wirkl. Geh. Oberregierungsrat, Ministerialdirektor, Reichsamt des Innern, Berlin W. 10, Kaiserin-Augusta-Str. 58.

Lilienthal, Gustav, Baumeister, Altwarp (Haff).

v. **Linde**, C., Geheimrat Professor Dr., München 44, Prinz-Ludwigs-Höhe.

Lindgens, Adolf, Köln-Bayenthal, Oberländer Ufer 130.

Link, Regierungsbaumeister, Zeppelinwerke Lindau.

Linke, F., Professor Dr., Frankfurt a. M., Mendelssohnstr. 77.

Lipfert, Alfred, Ingenieur u. Flugzeugführer, Dresden-N. 30, Kötzschenbrodaer Str. 76.

Loewel, Carl Aug., Ingenieur, München, Bavariaring 22/23.

Lorenzen, C., Ingenieur, Fabrikant, Luftschraubenbau, Berlin-Neukölln, Richardplatz 19.

Lucic, Nikolaus, Seekadett, Triest.

Ludewig, P., Dr., Privatdozent, a. o. Professor u. Vorstand d. Radium-Institutes Freiberg i. Sa., Albertstr. 22.

Lürken, M., Oberingenieur, Dessau, Ringstr. 23.

Madelung, E., Dr., Leutnant d. R., o. Professor a. d. Universität Kiel.

Madelung, Georg, Leutnant d. R., Dipl.-Ing., Dessau, Askanische Str. 105.

Mader, Dr.-Ing., Direktor d. Forschungsanstalt Professor Junkers, Dessau, Kaiserplatz 22.

Mades, Rudolf, Dr.-Ing., Berlin-Schöneberg, Kaiser-Friedrich-Str. 6 III.

Mangelsdorff, Oberingenieur, Kapitänleutnant, Kiel, Feldstr. 152.

Marcuse, Adolf, Professor Dr., Charlottenburg, Dahlmannstr. 12.

v. Martius, C. A., Dr., Berlin W. 9, Voßstr. 12.

Marx, Otto, Direktor d. Luftverkehrs-Gesellschaft m. b. H., Johannisthal.

Maschke, Georg, Rentier, Charlottenburg, Goethestr. 1.

Masse, Alfred, Hamburg, Mittelweg 31 I.

Maurer, Ludwig, Dipl.-Ing., Oberingenieur b. Automobil & Aviatik A.-G., Leipzig-Gohlis, Platnerstr. 9a III.

Maybach, Karl, Direktor, Friedrichshafen a. Bodensee.

Meckel, Paul A., Bankier, Berlin NW. 40, In den Zelten 13.

ter Meer, Geh. Kommerzienrat, Dr., Uerdingen a. Niederrhein.

v. Merten, Exzellenz, Vizeadmiral z. D., Beeskow (Mark).

Meißner, Alexander, Dr.-Ing., Ges. f. drahtlose Telegraphie, Berlin SW., Tempelhofer Ufer 25.

Meyke, Torpedo-Stabs-Ing., Kiel, Wrangelstr. 30 III.

Meyer, Alex., Lt. d. R. Dr., Amtsrichter, Berlin NW. 7, Sommerstr. 3.

Meyer, Eugen, Geh. Regierungsrat Professor Dr., Charlottenburg, Neue Kantstr. 15.

Meyer, Paul, Dr., Oberregierungsrat, Berlin NW., Sommerstr. 3.

Miethe, Geh. Regierungsrat Professor Dr., Vorstand d. Berliner Vereins f. Luftfahrt, Charlottenburg, Berliner Str. 172.

v. Miller, Oskar, Exzellenz, Geh. Baurat, Reichsrat Dr., Direktor d. Deutschen Museums, München, Ferdinand-Miller-Platz 3.

v. Mises, Edler, Professor Dr., Dresden, Liebigstr. 22.

Mitscherling, Paul, Fabrikbesitzer, Radeburg b. Dresden, Bahnhofstr. 199.

v. Möller, Exzellenz, Staatsminister, Berlin W., von-der-Heyd-Str. 12.

Möller, Dr., Direktor d. Navigationsschule, Elsfleth (Oldenbg.).

Morell, Wilhelm, Leipzig, Apelstr. 4.

Morin, Max, Dipl.-Ing., Patentanwalt, Berlin W. 57, Yorckstr. 46.

Müller, Curt, Dipl.-Ing., Zehlendorf (Wsb.), Markgrafenstr. 3.

Müller, Fritz, Dipl.-Ing., Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt, Berlin-Halensee, Küstriner Str. 4 III.

Müller, Friedrich Karl, Montjoie (Bez. Aachen).

Müller, Richard, Geh. Marinebaurat, Kiel, Feldstr. 126.

Müller-Breslau, H., Geh. Regierungsrat Professor Dr., Berlin-Grunewald, Kurmärkerstr.

Munk, Max, Dr.-Ing., Luftschiffbau Zeppelin, Friedrichshafen a. B.

Naumann, Exzellenz, Wirkl. Geh. Rat Dr., Ministerialdirektor, Berlin W. 62, Burggrafenstr. 4.

Neesen, Marinebaumeister, Warnemünde, Blücherstr. 8.

Neumann, Georg Paul, Hauptmann d. R., Berlin-Wilmersdorf, Trautenaustr. 11.

Nernst, W., Geh. Rat Professor Dr., Berlin W. 35, Am Karlsbad 26a.

v. Nieber, Stephan, Exzellenz, Generalleutnant z. D., Neustrelitz, Schloßstr. 7.

Niemann, Erich, Oberleutnant, Charlottenburg, Dernburgstr. 50.

Noack, W., Ingenieur, Charlottenburg, Friedbergstr. 12.

Nusselt, W., Professor Dr.-Ing., Techn. Hochschule, Karlsruhe.

Offermann, Erich, Ingenieur, Leiter d. Techn. Abt. d. Deutschen Luft-Reederei, Charlottenburg, Berlinerstr. 157 III.

Oertz, Max, Dr.-Ing. h. c., Hamburg, An der Alster 84.

Oppenheimer, M. J., Fabrikbesitzer, Frankfurt a. M., Rheinstr. 29.

Oschmann, Generalmajor, Berlin-Steglitz, Albrechtstr. 86.

Osterland, Erich, Ingenieur, Hannover, Kokenstr. 8 III.

Oesterlen, Fritz, Professor Dr.-Ing., Techn. Hochschule, Hannover, Callinstr. 11.

v. Parseval, A., Professor Dr.-Ing. h. c., Major z. D., Charlottenburg, Niebuhrstr. 6.

Peppler, Albert, Prof. Dr., Bad. Landeswetterwarte Karlsruhe.

Pfeiffer, A., Dr.-Ing., Leiter d. Großflugzeugbaues der D. V. L., Johannisthal, Charlottenburg, Mommsenstr. 3 III.

Poeschel, J. F., Geh. Oberstudienrat Professor Dr. phil., Meißen a. E., St. Afra.

Pohlhausen, Ernst, Flugzeugbau Friedrichshafen, Werft Warnemünde.

Pohlhausen, Karl, Leutnant d. R., Göttingen, Bergstr. 9.

Polis, P. H., Professor Dr., Aachen, Monsheimallee 62.

Poppe, Leopold, Hauptmann, Kaufmann, Bergwerksdirektor, Dresden, Sidonienstr. 4.

Prandtl, L., Professor Dr., Göttingen, Bergstr. 15.

Pröll, Arthur, Professor Dr.-Ing., Techn. Hochschule, Hannover, Militärstr. 18.

Quittner, Viktor, Dr. Dipl.-Ing., Wien Rudolfsplatz 10.

Rahtjen, Arnold, Dr. chem., Berlin-Wilmersdorf, Jenaer Str. 17 II.

Rasch, F., Generalsekretär, Berlin W. 50, Rankestr. 50.

Rau, Friedrich, Zivilingenieur, Berlin N. 4, Kesselstr. 16.

Rau, Fritz, Oberingenieur, in Firma Automobil & Aviatik A.-G., Leipzig, Kronprinzenstr. 5.

Rau, Karl, Oberingenieur, Luft-Verkehrs-Gesellschaft Johannisthal, Karlshorst, Stolzenfelsstr. 1.

Reichel, W., Professor Dr.-Ing. Geh. Reg.-Rat, Direktor d. Siemens-Schuckert-Werke, Berlin-Lankwitz, Beethovenstr. 14

Reissner, H., Professor Dr.-Ing., Berlin-Wilmersdorf, Wittelsbacherstr. 18.

Reitz, Geh. Marineoberbaurat u. Abt.-Chef im Reichsmarineamt, Berlin-Halensee, Joachim-Friedrich-Str. 54 III.

Reuter, Otto, Dipl.-Ing., Dessau, Albrechtstr. 11.

Richarz, F., Geh. Reg.-Rat Professor Dr., Marburg i. Hessen.

Riedler, A., Professor, Charlottenburg, Technische Hochschule.

Rieppel, Paul, Professor Dr.-Ing., Danzig, Hochschule.

Rinne, Albert, Dipl.-Ing., Charlottenburg, Dahlmannstr. 2.

Rohrbach, Adolf K., Dipl.-Ing., Charlottenburg, Wielandstr. 18.

Romberg, Friedrich, Geh. Reg.-Rat Professor, Berlin-Nikolassee, Teutonenstr. 20.

Roselius, Ludwig, Kaufmann, kgl. bulg. Generalkonsul, Bremen, Böttcherstr. 6.

Rothgießer, Georg, Ingenieur, Berlin W. 30, Martin-Luther-Str. 91.

Roux, Max, Geschäftsleiter u. Mitinhaber der Firma Carl Bamberg, Berlin-Friedenau, Kaiserallee 87/88.

Rumpler, E., Ingenieur, Direktor d. Rumplerwerke Johannisthal, Charlottenburg 9, Kaiserdamm 34.

Runge, C., Geheimrat Professor Dr., Göttingen, Wilhelm-Weber-Str. 21.

Runge, Richard, Kaufmann, Hamburg, Gröningerstr. 14.

Rümelin, Th., Dr.-Ing., Regierungsbaumeister a. D., München-Laim, von-der-Pfordten-Str. 23.

Sack, Paul, Dr.-Ing. h. c., Kommerzienrat, Leipzig-Plagwitz, Karl-Heine-Str. 101.

v. Sanden, Privatdozent Dr., Clausthal i. H.

Seddig, Privatdozent Dr., Buchschlag bei Frankfurt a. M.

Seehase, Dr.-Ing., Berlin-Treptow, Elsenstr. 1.

Seitz, Carl, Major a. D., Berlin SW. 11, Schöneberger Str. 11.

Selzer, Carl, Generaldirektor d. Albatros-Ges. m. b. H., Berlin SW. 11, Kleinbeerenstr. 6.

v. Selasinski, Hauptmann, Paderborn, Westernstr. 34.

Seppeler, Arnold, Ingenieur, Feuerbach, (Württ.), Eberhardstr. 70 II.

Seppeler, Ed., Dipl.-Ing., Neukölln, Saalestr. 38.

Seyrich, Dr.-Ing., Dipl.-Ing., Kiel-Wik, Ingienieur- und Deckoffizier Schule.

Sieg, Georg, Marinebaurat, Kiel, Goethestr. 7.

Siegert, Oberstleutnant a. D., Charlottenburg 9, Bundesallee 12.
v. Sierstorpff, Graf Adalbert, Eltville a. Rh.
Silverberg, P., Dr., Generaldirektor, Köln, Worringer Str. 18.
Simon, Albert, Dipl.-Ing., Neu-Finkenkrug b. Berlin.
Simon, Aug. Th., Lederfabrikant, Kirn a. d. Nahe.
Simon, Robert Th., Kirn a. d. Nahe.
Simon, Th., Kommerzienrat, Kirn a. d. Nahe.
Speith, Karl, Oberingenieur, Altena i. W., Lüdenscheider Str. 44.
v. Soden-Fraunhofen, Frhr., Dipl.-Ing., Friedrichshafen a. B., Zeppelinstr. 10.
Solff, Karl, Hauptmann a. D., stellv. Direktor d. Ges. f. drahtl. Telegraphie, Berlin-Wilmersdorf, Kaiserallee 156.
Süring, R., Geheimrat Professor Dr., Potsdam, Telegrafenberg.
Schaffran, Karl, Dr.-Ing., Versuchsanstalt f. Wasserbau u. Schiffbau, Berlin NW. 23, Schleuseninsel i. Tiergarten.
Schapira, Dr.-Ing., Direktor d. Ges. f. drahtl. Telegraphie, Berlin SW. 61, Tempelhofer Ufer 9.
Schier, R., Dr., Berlin-Friedenau, Isoldestr. 4 II.
Schiller, Ludwig, Dr., Hauptmann d. R., Göttingen, Theaterplatz 6.
Schilling, Professor Dr., Bremen, Seefahrtsschule.
Schleusner, Arno, Dipl.-Ing., Leutnant d. R., Luft-Verkehrs-Ges. Johannisthal, Waldstr. 6.
v. Schlink, Professor Dr.-Ing., Hochschule, Braunschweig, Ganßstr. 31.
Schmiedecke, Exzellenz, Generalleutnant, Hermsdorf b. Berlin, Waldseestr. 19.
v. Schmidt, Aug., Geh. Hofrat, Dr., Stuttgart, Hegelstr. 32.
Schmidt, C., Dr.-Ing., Friedrichshafen a. B., Villa Bühler.
Schmidt, Curt, Dr. med., Nervenarzt (Sanatorium), Dresden-Strehlen, Josefstr. 12b.
Schmidt, F., Exzellenz, Dr., Kultusminister, Berlin-Steglitz, Schillerstr. 7.
Schmidt, K., Professor Dr., Halle a. S., Am Kirchtor 7.
Schneider, Franz, Direktor der Franz Schneider Flugmaschinenwerke, Berlin-Wilmersdorf, Konstanzerstr. 7.
Schnetzler, Eberhard, Ingenieur, Eschersheim b. Frankfurt a. M., Am Kirchberg 2.
Schreiber, Oberreg.-Rat Professor Dr., Dresden-N. 6, Gr. Meißnerstr. 15.
Schreiber, K. Aug., Dipl.-Ing., Charlottenburg, Wallstr. 26.
Schroeder, Josef, Oberingenieur, Leipzig-Gohlis, Landsberger Str. 46.
Schubert, Rudolf, Dipl.-Ing., Friedrichshagen, Seestr. 63.
Schulte-Frohlinde, H., Dipl.-Ing., Friedrichshafen a. B., Seemoos 2.
Schütte, Geh. Reg.-Rat Professor Dr.-Ing. h. c., Techn. Hochschule, Zeesen b. Königswusterhausen, Schütte-Lanz-Str.
Schwager, Otto, Dipl.-Ing., Charlottenburg, Friedbergstr. 24.
Schwarz, Ernst, Leutnant d. R.
Schwarzenberger, Hauptmann, Berlin-Halensee, Kurfürstendamm 94/95.
Schwerin, Edwin, Dr.-Ing., Charlottenburg, Schillerstr. 62.
Stahl, Karl, Oberingenieur, Friedrichshafen a. B., Seestr. 37.
Starke, Vizeadmiral z. D., Berlin-Lichterfelde-West, Mühlenstr. 23.
von den Steinen, Carl, Dipl.-Ing., Marine-Bauführer, Kiel, Esmarchstr. 61.
Steinitz, Otto, Dr.-Ing., Betriebsleiter d. Propellerfabrik Lorenzen, Berlin S. 61, Bergmannstr. 51.
Stieber, W., Dipl.-Ing., Amberg (Oberpf.).
Straubel, Professor Dr. phil., Dr. med. h. c., Geschäftsleiter d. Zeißwerke, Jena, Botzstr. 10.
Struve, Philipp, Dipl.-Ing., Leipzig, Humboldtstr. 12.

Taaks, O., Dr.-Ing., Geh. Baurat, Zivilingenieur, Hannover, Marienstr. 14.
Tepelmann, Dr.-Ing., Hauptm. a. D., In. d. Firma Vieweg & Sohn, Braunschweig, Viewegstr. 1.
Tetens, Otto, Professor Dr., Obervator, Lindenberg (Kreis Beeskow), Observatorium.
Thelen, Robert, Dipl.-Ing., Hirschgarten b. Friedrichshagen, Eschenallee 5.
Theis, Karl, Dipl.-Ing., Techn. Leiter d. Halberstädter Flugzeugwerke, Halberstadt, Hohenzollernstr. 19 III.
Thoma, Dieter, Dr.-Ing., Gotha, Schöne Allee 6.

Thomsen, Oberst, Chef der Luftfahrtabteilung im Kriegsministerium, Berlin W. 66, Leipziger Str. 5.

v. Thüna, Frhr., Sindelfingen i. Württ.

Tischbein, Willy, Direktor d. Continental-Caoutchouc & Guttapercha Comp., Hannover, Vehrenwalder Str. 100.

Treitschke, Friedrich, Fabrikbesitzer, Leutnant d. R., Kiel, Niemannsweg 81 b.

Trefftz, E., Dr., Professor an der Techn. Hochschule, Aachen, Lousberger Str. 38.

Trommsdorff, Herm., Professor Dr., Oberlehrer, Göttingen, Am Weißen Stein 21.

v. Tschudi, Major, Direktor des Flugplatzes Johannisthal, Berlin-Schöneberg, Apostel-Paulus-Str. 16.

Ursinus, Oskar, Zivilingenieur, Frankfurt a. M., Bahnhofsplatz 8.

v. Valentini, Exzellenz, Wirkl. Geh. Rat Dr., Hameln a. W., Ostertorwall 12.

Visnya, Aladar, Professor Dr., Direktor d. höheren Mädchenschule, Sopron (Ung.), Deakplatz 30.

Voigt, W., Geheimrat Professor Dr., Göttingen, Grüner Weg 1.

Vollbrandt, Adolf, Kaufmann, Freiberg i. Br., Bayernstr. 6.

Vollmann, Richard, Sebnitz i. Sa., Hertigswalder Str. 1.

Vorreiter, A., Zivilingenieur, Berlin-Nikolassee, Gertrudstr. 3.

Voßnack, E., Professor, Techn. Hochschule Delft i. Holland.

Wachsmuth, R., Geh. Reg.-Rat Professor Dr., Frankfurt a. M., Robert-Mayerstr. 4.

v. Wacker, Alexander, Ritter, Dr. phil. et jur. h. c., Geh. Kommerzienrat, Schachen b. Lindau i. Bay.

Wagenführ, Major, Berlin W., Friedrich-Wilhelm-Str. 18.

Wagner, H., Geheimrat Professor Dr., Göttingen, Grüner Weg.

Wagner, Rud., Dr., Oberingenieur, Hamburg, Bismarckstr. 105.

Wahl, Marinebaurat a. D., Ilmenau i. Thür., Goethestr. 21.

Wallach, O., Geh. Rat Professor Dr., Göttingen, Hospitalstr. 10.

Walter, M., Direktor d. Norddeutschen Lloyd, Bremen, Lothringer Str. 47.

Wankmüller, R., Direktor, Berlin W. 15, Kurfürstendamm 74.

Wassermann, B., Leutnant d. L., Dipl.-Ing., Patentanwalt, Berlin SW. 68, Alexandrinenstr. 1 b.

Weber, M., Professor Techn. Hochschule Charlottenburg, Berlin-Nikolassee, Luckhaffstr. 19.

de Weerth, Fritz, Dr., Elberfeld, Königstr. 28.

Wegener, Curt, Dr., Hamburg-Groß-Borstel, Warnecker Weg 15.

Weidenhagen, R., Vorsteher der Wetterwarte u. Leiter d. öffentl. Wetterdienstes, Magdeburg, Bahnhofstr. 17.

Weißmann, Robert, Dr., Staatsanwaltschaftsrat, Berlin-Grunewald, Niersteiner Str. 3.

Wendt, Fritz, Dipl.-Ing., Berlin, Belle-Alliance-Platz 2.

Wenger, R., a.o. Professor, Direktor d. geophysikalischen Instituts d. Universität, Leipzig, Talstr. 38.

Westphal, Paul, Ingenieur, Leiter der „Axial" Propellerfabrik, Berlin-Schöneberg, Hauptstr. 14/16.

Wiechert, E., Professor Dr. Geheimrat, Göttingen, Herzberger Landstr. 180.

Wiener, Otto, Wien.

Wieselsberger, C., Dr.-Ing., Abt.-Leiter der Modellversuchsanstalt, Göttingen, Reinholdstr. 13.

Willikens, Hauptmann, Inspektion d. Luftschiffertruppen, Berlin W. 50, Kurfürstendamm 228.

Willmann, Paul, Fabrikbesitzer, Berlin SW. 61, Blücherstr. 12.

Wischer, Marinebaumeister, Rostock (Mecklenburg), Friedrich-Franz-Str. 109 II.

Wolf, Heinrich, Kaufmann, Leipzig, Brühl 62.

Wolff, Ernst, Dipl.-Ing., Hauptmann d. R., Direktor d. Daimler-Motoren-Gesellschaft, Lichterfelde-Ost, Bismarckstr. 7.

Wolff, Hans, Dr. phil., Breslau VIII, Rotkretscham.

Zahn, Hugo, Leutnant d. R., Oberingenieur, Direktor der Magirus-Werke Berlin G. m. b. H., Berlin-Steglitz, Sedanstr. 1.

Zahn, Werner, Hauptmann, Charlottenburg, Joachimsthalerstr. 27.

v. Zeppelin jr., Ferdinand Graf, Dipl.-Ing., Rittmeister d. R., Charlottenburg-Westend, Bundesallee 6.

Zinke, Conrad, Fabrikbesitzer, Zündschnurfabrik, Meißen i. Sa.

Ziervogel, W., Oberbergrat, Staßfurt, Steinstr. 21.

Zimmermann, H., Wirkl. Geh. Oberbaurat Dr.-Ing., Berlin NW. 52, Calvinstr. 4.

c) Außerordentliche Mitglieder.

Aero-Club von Deutschland, Berlin W. 35, Blumeshof 17.

Albatros-Gesellschaft für Flugzeugunternehmungen m. b. H., Berlin-Johannisthal, Flugplatz Eingang 5.

Argus-Motoren-Gesellschaft, Berlin-Reinickendorf.

Automobil & Aviatik A.-G., Leipzig-Heiterblick.

Bayerische Hof- und Staatsbibliothek, München.

Bayerische Motorenwerke A.-G., München 46, Schleißheimer Str. 288.

Bayerische Rumpler-Werke A.-G., Augsburg.

Benz & Cie., A.-G., Mannheim.

Berlin-Halberstädter Industriewerke A.-G., Halberstadt.

Bezirks-Verein Deutscher Ingenieure, Aachener, Aachen. Vorsitzender: Wüst.

Bezirksverein Deutscher Ingenieure, Bergischer, Elberfeld, Dessauer Str. 11. Vorsitzender: Otto Voigt. Schatzmeister: C. Breidenbach.

Bezirksverein Deutscher Ingenieure, Dresdner, Dresden-A., Geschäftsstelle Schnorrstr. 7.

Bezirksverein Deutscher Ingenieure, Frankfurter, Frankfurt a. M., Kreuznacher Str. 54.

Bezirksverein Deutscher Ingenieure, Hessischer, Kassel.

Bezirksverein Deutscher Ingenieure, Kölner, Köln, Sionstal 5. Schatzmeister: Alb. Benger.

Bezirksverein Deutscher Ingenieure, Mosel, Diedenhofen, Hüttenstr. 9. Schriftführer: Oberingenieur H. Weber, Generaldirektor Brennecke.

Bezirksverein Deutscher Ingenieure, Pfalz-Saarbrücker, Saarbrücken 3. Georg Heckel.

Bezirksverein Deutscher Ingenieure, Posener, Posen O. 1, Königsplatz 4. Kassenführer: Ingenieur Wundrich.

Bezirksverein Deutscher Ingenieure, Rheingau, Gustavsburg.

Bezirksverein Deutscher Ingenieure, Ruhr, Essen (Ruhr), Bahnhofstr. 38. Schatzmeister: Ingenieur Engelhardt, Duisburg, Zechenstr. 38.

Bezirksverein Deutscher Ingenieure, Siegener, Siegen. Vorsitzender: Direktor Ulbrich, Weidenau, Waldstr. 6.

Bezirksverein Deutscher Ingenieure, Schleswig-Holsteinscher, Kiel, Frankestr. 4 I, Marinebaumeister Saalfeld.

Bibliothek der Techn. Hochschule zu Berlin, Charlottenburg 2.

Chem. Fabrik Griesheim-Elektron, Frankfurt a. M., Direktor: A. Lepsius, Frankfurt a. M.

Chem. Laboratorium für Handel und Industrie Dr. Robert Henriques Nachf., Berlin W. 35, Lützowstr. 96.

Daimler-Motoren-Gesellschaft, Werk Sindelfingen.

Deutsche Flugzeug-Werke G. m. b. H., Leipzig-Großzschocher.

Drachenstation a. Bodensee, Friedrichshafen a. Bodensee.

Flensburg Stadtgemeinde, Flensburg. Oberbürgermeister: Dr. Todsen.

Flugmaschine Rex G. m. b. H., Köln-Bickendorf.

Flugzeugbau Friedrichshafen G. m. b. H., Friedrichshafen a. B.

Frankfurter Verein für Luftfahrt, Geschäftsstelle: Frankfurt a. M., Robert-Mayer-Str. 2.

Germania-Flugzeugwerke G. m. b. H., Leipzig-Eutritzsch.

Hannoversche Waggonfabrik A.-G., Hannover-Linden.

Hartmann & Braun A.-G., Frankfurt a. M., West 13.

Klemm, Hanns, Regierungsbaumeister, Sindelfingen, Bahnhofstr. 148.

Kurhessischer Verein für Luftfahrt, Sektion Marburg, Marburg i. H., Physik. Institut. Vorsitzender: Professor Dr. Richarz.

Luftschiffbau Schütte-Lanz, Mannheim-Rheinau.

Luftschiffbau Zeppelin G. m. b. H., Staaken (Osthavelland).

Luft-Verkehrs-Gesellschaft Komm.-Ges., Charlottenburg, Bismarckstr. 71.

Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G. (Hiehle), Augsburg.

Maybach-Motorenbau G. m. b. H., Friedrichshafen a. B.

Militärversuchsamt, Berlin, Postamt Plötzensee.

Nationale Automobil-Gesellschaft A.-G., Berlin-Oberschöneweide.

Naturforschende Gesellschaft, Danzig, Brabant 3.

Ölmaschinen-Laboratorium der Kgl. norwegischen Techn. Hochschule, Trondhjem (Norwegen).

Oertzwerke Nordseewerft der Hansa- & Brandenburgischen Flugzeugwerke A.-G., Neuhof am Reiherstieg bei Hamburg.

Österreichischer Luftschiffer-Verband, Wien I, Tuchlauben 3.

Otto-Werke G. m. b. H., München, Schleißheimer Str. 141.

Physikalisches Institut der Universität Leipzig, Linnéstr. 5. Professor Dr. O. Wiener.

Sächs. Verein für Luftfahrt, Dresden, Ferdinandstr. 5 I. Schriftführer: Dr. Schulze-Garten.

Verein Deutscher Ingenieure, Berlin NW. 7, Sommerstr. 4a. W. Kaemmerer.

Verein Deutscher Motorfahrzeug-Industrieller, Berlin NW. 7, Unter den Linden 12/13.

Verein für Luftfahrt in Mainz E. V., Mainz, Gr. Bleiche 48.

Versuchsanstalt für Kraftfahrzeuge, Wien IX/2, Severingasse 7. Leiter: Oberingenieur Zoller, Schöpfer: Exzellenz Exner.

Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau, Berlin NW. 23, Schleuseninsel i. Tiergarten.

Kurzer Bericht über den Verlauf der IV. Ordentlichen Mitgliederversammlung 1918.

Die Tagung fand unter der Leitung des ersten Vorsitzenden, des Herrn Geheimrat Dr. h. c. v. Böttinger, vom 16. bis 18. April in Hamburg statt. Mit Rücksicht auf den Ernst der Zeit wurde von allen Vergnügungsveranstaltungen abgesehen; lediglich die wissenschaftliche Tätigkeit füllte die Tagung aus.

Der 16. April war den Sitzungen der Unterausschüsse und des Vorstands gewidmet. Dieselben fanden im Hotel „Vier Jahreszeiten" in Hamburg statt, und zwar tagten am Vormittag der Unterausschuß für Vereinheitlichung der Fachsprache, der für Navigierung und derjenige für konstruktive Fragen.

Der Ausschuß für Vereinheitlichung der Fachsprache unter dem Vorsitz von Geh. Reg.-Rat Professor Dr. Eugen Meyer beschloß, seine Tätigkeit vorerst zu vertagen, da die Fragen der Fachsprache und der Formelzeichen zur Zeit von der Flugzeugmeisterei maßgebend erledigt würden.

Der Ausschuß für Navigierung unter Leitung des Wirklichen Geheimen Admiralitätsrat Capelle beschloß, auf den verschiedenen in Betracht kommenden Gebieten durch Sachverständige Zusammenstellungen der im Kriege erzielten Ergebnisse machen zu lassen und forderte die hierfür nötigen Geldmittel an. Der Ausschuß für konstruktive Fragen unter Leitung von Professor Reissner beriet über die Festigkeitsberechnung der Zellen von Mehrdeckern. An der interessanten Besprechung beteiligten sich außer dem Vorsitzenden noch Professor Baumann, Professor Junkers, Geheimrat Müller-Breslau mit wichtigen Mitteilungen.

Der Nachmittag gehörte der Vorstandssitzung, die die nötigen Vorbesprechungen für die Geschäftssitzung am 17. traf. Mit großem Bedauern nahm die Versammlung Kenntnis von der Erkrankung des am Erscheinen verhinderten Mitgliedes des geschäftsführenden Vorstandes, des Herrn Geheimrat Barkhausen; es wurde ihm ein Telegramm mit dem Ausdruck des Bedauerns und der besten Wünsche gesandt.

Am 17. vormittags $9^1/_2$ wurde im weißen Saal des Curio-Hauses die Hauptversammlung durch den ersten Vorsitzenden, Herrn Geheimen Regierungsrat Dr. h. c. v. Böttinger, eröffnet. Derselbe gab zunächst dem großen Bedauern Ausdruck, daß der Ehrenvorsitzende der Gesellschaft, Seine Königliche Hoheit Prinz Heinrich von Preußen, am Erscheinen verhindert war und verlas das Telegramm des Prinzen.

Auf seinen Vorschlag beschloß die Versammlung, ein Antworttelegramm an den Prinzen abzusenden.

Demnächst begrüßte der Vorsitzende die Anwesenden. An Gästen aus Hamburg waren erschienen: die Vorsitzenden der Handelskammer, Herr Heye und Herr Krogmann, und viele andere Mitglieder der Hamburger Gesellschaft und Industrie. Eine besondere Ehrung erfuhr die Gesellschaft durch den Besuch des regierenden Bürgermeisters, Herrn Dr. v. Melle und des Kommandierenden Generals, Exzellenz v. Falk.

Nachdem Herr Heye erwidert und Herr Geheimrat Professor Grübler (Dresden) die Grüße des Sächsischen Vereins für Luftschiffahrt überbracht hatte, wurde in die Tagesordnung eingetreten.

Der Vorsitzende eröffnet eine längere Ansprache mit der Erklärung, daß die Abhaltung der satzungsgemäßen Mitgliederversammlung drei Jahre lang unmöglich gewesen sei, weil die Behörden die Genehmigung auch zu wissenschaftlichen Vorträgen auf dem Gebiete der Luftfahrt versagten. Nach dem ersten Vorsitzenden hörte die Versammlung den Bericht der Ausschüsse und den Haushaltsbericht und erteilte dem Kassenwart Entlastung. Dem Ausschuß für Navigierung wurden für seine Arbeiten M. 6000,— bewilligt.

Als Ort der nächsten Versammlung wurde München bestimmt.

Nunmehr begannen die wissenschaftlichen Vorträge, zunächst unter Leitung des Herrn Major v. Parseval. Leider war der Inspekteur der Fliegertruppen, Herr Oberstleutnant Siegert, durch eine Reise an die Front verhindert, seinen angekündigten Vortrag „Über Flieger an der Front und in der Heimat“ zu halten; somit eröffnete Herr Professor Bendemann die Reihe mit seinem Vortrag: „Die feindlichen Flugwissenschaften im Kriege.“ Er entrollte ein fesselndes Bild, namentlich von der Tätigkeit der Engländer, deren wissenschaftliche Arbeit in der Formgebung ihrer Flugzeuge durchzufühlen ist. In der Erörterung machten die Herren Goldschmidt, Vorreiter und v. Parseval kurze Bemerkungen. Danach folgte Herr Professor Ahlborn mit seinem Vortrag: „Über den Segelflug.“ Hieran knüpfte sich eine lebhafte Diskussion, an der sich die Herren Gustav Lilienthal, Vorreiter, Geheimrat Hergesell und Professor Prandtl beteiligten. Es folgte der Vortrag des Herrn Professor Prandtl über „Tragflächenauftrieb und -Widerstand in der Theorie“, eine zusammenfassende Darstellung der letzten Forschungsergebnisse des Vortragenden und seiner Göttinger Mitarbeiter. An der Erörterung nahmen die Herren Vorreiter, Professor Reissner und der Vortragende teil. Hierauf sprach Herr Oberleutnant d. R. Dr. Hoff über „Die Entwicklung deutscher Flugzeuge im Kriege“ und zeigte, wie sich das Flugzeug nach verschiedenen Richtungen spezialisiert hatte.

Der Abend des 17. vereinigte die Teilnehmer an der Tagung zu einem gemeinschaftlichen Abendessen im Hotel „Vier Jahreszeiten“. Hierbei hielt Herr Geheimrat Dr. v. Böttinger den Trinkspruch auf Seine Majestät den Kaiser und den Prinzen Heinrich, den Ehrenvorsitzenden der Gesellschaft. Herr Major v. Tschudi toastete auf die Stadt Hamburg und ihr Oberhaupt. Der regierende Bürgermeister, Herr Dr. v. Melle, antwortete.

Am 18. fanden die Sitzungen unter Leitung des Herrn Professor Prandtl statt. Sie gehörten vorwiegend der Meteorologie. Herr Leutnant Cloessner sprach im Namen des Kommandierenden Generals der Luftstreitkräfte über „Die Neu-

ordnung des Wetterdienstes nach dem Kriege im Heere", Herr Dr. Steffens im Auftrag des Marineflugchefs über „Die Neuordnung des Wetterdienstes nach dem Kriege in der Marine" und Herr Geheimrat Professor Süring im Auftrage des Ministers für geistliche und Schulangelegenheiten über „Die wissenschaftlichen Aufgaben der meteorologischen Forschung nach dem Kriege". Hieran schlossen sich die sehr interessanten „Mitteilungen über Fortschritte an meteorologischen Beobachtungsinstrumenten" von Dr. Georgi, die durch eine reichhaltige Ausstellung neuerer Instrumente unterstützt wurden. Den Schluß der wissenschaftlichen Vorträge bildete Herr Dipl.-Ing. Schwager mit seinem durch zahlreiche Lichtbilder unterstützten Vortrag über „Neuere Bestrebungen und Erfahrungen im Flugmotorenbau". Es folgte noch die Vorführung einer Reihe nicht veröffentlichter Films durch Herrn Hauptmann Drechsel, die Flugszenen veranschaulichten und auch landschaftlich von hohem Reize waren. Damit war die Tagung zu Ende.

Sie war, trotzdem aus militärischen Gründen die Diskussion sehr stark hat beschränkt werden müssen, hervorragend interessant und anregend und wird sicherlich allen Teilnehmern in dauernder Erinnerung bleiben.

Ausführlicher Bericht über die IV. Ordentliche Mitglieder-Versammlung 1918.

A. Die geschäftlichen Verhandlungen

am Mittwoch, den 17. April 1918 in Hamburg, Curio-Haus, vorm. $9^1/_2$ Uhr.

Vorsitz:
Geh. Reg.-Rat Dr. phil. Dr.-Ing. v. Böttinger.

Tagesordnung:

Begrüßung.

1. Bericht des Vorstandes.
2. Bericht des Wissenschaftlich-Technischen Ausschusses.
3. Bericht der Rechnungsprüfer und Entlastung des Gesamtvorstandes.
4. Vorstandswahlen.
5. Wahl von zwei Rechnungsprüfern.
6. Beschlußfassung über den Ort der nächsten ordentlichen Mitgliederversammlung.
7. Mitteilungen des Vorstandes.

Vorsitzender: Meine hochverehrten Herren! Indem ich unsere heutige Versammlung eröffne, habe ich zunächst unser aller großem Bedauern Ausdruck zu geben, daß unser Ehrenvorsitzender, Seine Königliche Hoheit Prinz Heinrich von Preußen, heute nicht hier sein kann. Wir alle werden ihn ganz besonders vermissen, da wir alle wissen, mit welcher Tatkraft und welchem lebhaften, warmen Interesse er die Aufgaben unserer Gesellschaft fördert und an ihren Verhandlungen teilnimmt. Ich hatte vor einigen Tagen an Seine Königliche Hoheit telegraphiert und die Hoffnung ausgedrückt, daß Seine Königliche Hoheit es vielleicht doch noch möglich machen könne, unsere Verhandlungen zu leiten, bekam aber gestern abend folgende Antwort:

„Teile Ihnen hiermit mit, daß ich zu meinem größten Bedauern nicht in der Lage bin, der mir so am Herzen liegenden Tagung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt in Hamburg beizuwohnen. Bitte Sie, der Versammlung meinen sehr herzlichen Gruß übermitteln zu wollen. Gleichzeitig bin ich des besten Verlaufes unter Ihrem bewährten Vorsitz überzeugt. Heinrich Prinz von Preußen.“

Wir haben daraufhin Seiner Königlichen Hoheit den ehrerbietigsten Gruß unserer Gesellschaft drahtlich übermittelt:

„Eurer Königlichen Hoheit dankt die Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt auf das Herzlichste für das gütige Gedenken Eurer Königlichen Hoheit zu deren Jahresversammlung. Sie empfindet dabei desto schmerzlicher Eurer Königlichen Hoheit Verhinderung, dieselbe zu leiten und zu erfreuen. Um so inniger und wärmer aber dankt sie Eurer König-

lichen Hoheit für das so tatkräftige und ersprießliche Eingreifen Eurer Königlichen Hoheit für das Wohl des Vaterlandes. In größter Ehrerbietung, Dankbarkeit und Treue

Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt
Dr. v. Böttinger.

Unter unseren Ehrengästen habe ich heute zunächst die Vertreter der Handelskammer, Herrn Meyer, Präsident derselben, und Herrn Krogmann als stellvertretenden Vorsitzenden hier zu begrüßen. Ebenso hoffen wir, noch die Ehre zu haben, den regierenden Bürgermeister von Hamburg, Seine Magnifizenz Dr. v. Melle, sowie den Kommandierenden General Exzellenz v. Falk unter uns zu sehen.

Dann begrüße ich als Vertreter des Herrn Ministers für geistliche und Unterrichts-Angelegenheiten in Preußen Herrn Geheimrat Professor Dr. Krüß. Ich kann Ihnen mitteilen, daß der Herr Minister mit lebhafter Anteilnahme und lebhaftem Interesse die Arbeiten der Wissenschaftlichen Gesellschaft verfolgt. Da er bei der gegenwärtigen Lage, besonders im Hinblick auf die bevorstehenden Etatsverhandlungen im Herrenhause, außerordentlich stark in Anspruch genommen ist, hat Seine Exzellenz Herrn Geheimrat Krüß gebeten, ihn hier zu vertreten. Darf ich Sie, hochverehrter Herr Geheimrat, bitten, Seiner Exzellenz unseren Dank für Ihre freundliche Delegierung und für das Interesse, das er für uns hat, auszusprechen.

Wir haben den Reichsbehörden, die hier vertreten sind, unseren Dank ebenfalls auszusprechen, zunächst dem Kriegsministerium durch Entsendung des Herrn Generalmajor Oschmann, dem wir bei dieser Gelegenheit unsere freundlichen Glückwünsche zu seiner Beförderung zum General aussprechen und vor allem danken, daß er trotzdem noch Zeit findet, hierher zu kommen und damit die Aufgaben unserer Gesellschaft weiter zu fördern und sie tatkräftig zu vertreten.

Wir haben ferner dem Herrn Vertreter des Reichsmarineamtes und dem hiesigen Lokalkomitee, insbesondere Herrn Hauptmann Ahlborn, unseren Dank auszusprechen.

Meine Herren! Auch in unserem Kreise sind wir nicht von Verlusten verschont geblieben. Auch uns sind manche liebwerte Mitglieder und Freunde durch den Tod entrissen worden. Es ist eine lange Liste derjenigen, die seit unserem letzten Zusammensein aus unserem Kreise und unserer Gesellschaft gegangen sind. Es wird nicht möglich sein, alle Namen zu nennen, aber ich möchte einige derjenigen besonders erwähnen, die von Anfang an mit großer Tatkraft unsere Arbeiten gefördert haben. In erster Linie nenne ich Herrn Professor Hartmann, der, auf einer Reise vom Süden kommend, plötzlich verschied, Herrn Wirklichen Geheimen Oberbaurat Veith, dem unsere Marine und Volk so viel verdankt, Herrn Korvettenkapitän Friedländer, der sich als Vorsitzender des Navigations-Ausschusses große Verdienste erworben hat. Vor allen Dingen dürfen wir einen Mann nicht vergessen — der Gedanke kann gar nicht kommen — Exzellenz v. Zeppelin. Dieses Bahnbrechers, dieses Mannes, der Unendliches für das Vaterland geleistet hat, was jetzt ganz besonders zum Ausdruck kommt, werden wir mit Wärme und Treue immer gedenken. Auch Exzellenz Rieß von Scheuernschloß ist nicht

mehr unter uns. Ich möchte ferner unseren sympathischen, fleißigen und auch tatkräftigen früheren Geschäftsführer, Ingenieur Béjeuhr, besonders in Ihre Erinnerung zurückrufen. Béjeuhr war einer derjenigen, die die Initiative zur Errichtung der Wissenschaftlichen Gesellschaft gegeben haben. Béjeuhr hat von Anfang an, nachdem er zum Geschäftsführer ernannt worden war, die Arbeiten in seiner großen Gründlichkeit treu verrichtet. Wir alle vermissen ihn sehr, nicht nur seiner Arbeit wegen, sondern auch wegen seines leutseligen und herzlichen Wesens.

Zu Ehren aller derjenigen, die nicht mehr unter uns sind, besonders derjenigen, die ich genannt habe, bitte ich Sie, sich von Ihren Plätzen zu erheben. (Geschieht.) Ich danke Ihnen!

Meine Herren! Ehe ich in die weitere Berichterstattung eintrete, muß ich Ihnen mitteilen, daß uns von der Heeresverwaltung besonders aufgetragen worden ist, daß die Berichterstattung in den Tagesblättern erst erfolgen darf, wenn sie von der Geschäftsstelle geprüft ist; auch alle Notierungen und Notizen, die für die Öffentlichkeit bestimmt sind, müssen in der gleichen Weise behandelt werden. Es ist klar für jeden von uns, daß wir dieser Forderung der Heeresverwaltung Rechnung tragen müssen. Ich darf bei dieser Gelegenheit ganz besonders den leitenden maßgebenden Behörden unseren Dank aussprechen, daß uns während der Kriegszeit überhaupt die Möglichkeit gegeben ist, eine Jahresversammlung abzuhalten. Wir hatten in den letzten beiden Jahren — während des ersten Kriegsjahres war es ausgeschlossen — den Wunsch, eine große Tagung der Mitglieder herbeizuführen, aber die leitenden behördlichen Instanzen waren der Ansicht, daß das noch nicht ratsam sei. Es konnten Mitteilungen und Gedanken in die Öffentlichkeit kommen und unseren Feinden dadurch Nachrichten werden, die, ob korrekt oder inkorrekt, von Nutzen sein könnten. Ich darf also bitten, daß in der Weise verfahren wird.

Zunächst habe ich Ihnen Mitteilung zu machen von der Schaffung eines eigenen Büros mit Zentralstelle für die Aufgaben unserer Gesellschaft. Wir waren nach dem Tode unseres hochverehrten Geschäftsführers, Herrn Béjeuhr, eifrigst bemüht, einen Herrn zu finden, der auf der einen Seite große Erfahrungen auf dem Gebiete des Luftwesens hatte, auf der anderen Seite die nötige Zeit zur Führung unserer Geschäfte finden würde und vor allen Dingen, der auch eine angesehene autorative Stellung einnahm. Wir haben schließlich unseren verehrten zweiten Vorsitzenden, Herrn Major v. Parseval, gebeten, dieses Amt mit einem festen Jahresgehalt von M. 5100,— zu übernehmen. Herr Major v. Parseval hat es dankenswerter Weise getan, und ich kann Ihnen mitteilen, daß wir nunmehr wieder in vollster Tätigkeit sind, die Arbeiten in der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt zu fördern, eine Zentralstelle zu werden für alle Erfahrungen und Kenntnisse, die gemacht sind. Wir dürfen Ihr Einverständnis mit diesen Vereinbarungen annehmen. Herr Major, ich danke Ihnen für die Freundlichkeit, die Sie hatten, dieses Amt zu übernehmen, und vor allen Dingen für die Tatkraft und Energie, mit der Sie die Geschäfte der Gesellschaft geführt haben. Wir haben ein Büro am Schöneberger Ufer 40 gefunden. Ich möchte die Mitglieder bitten, recht fleißig, wenn sie in Berlin sind, dort zu verkehren. Sie bringen immer Anregungen; solche Anregungen aus Mitgliederkreisen können für den Vorstand außerordentlich wünschenswert sein, ja, sie sind manchmal dringend notwendig.

Meine Herren! Unsere letzte Versammlung fand im Frühjahr 1914 statt. Es war beschlossen worden, eine zweite Versammlung im Herbst desselben Jahres abzuhalten und zwar gelegentlich der Feier der Einweihung der neuen Automobilausstellung in Charlottenburg. Es waren auch bereits hochinteressante Vorträge vorgesehen. Da kam der Krieg, es wurde natürlich alles vereitelt und zurückgestellt. Der Krieg hat überhaupt alles verändert, auch für unsere Gesellschaft. Eine Zeit lang sind unsere ganzen Arbeiten lahmgelegt worden. Wir konnten und durften nicht in der Weise weiter vorgehen und unsere Erfahrungen weiter für alle nutzbringend machen, wie wir das erwartet hatten; aus den vorerwähnten Gründen. Wir waren sogar im Vorstand und Ausschuß eine Zeitlang in ernster Sorge, ob der Bestand der Wissenschaftlichen Gesellschaft auch für die Zukunft gewährleistet werden könnte. Wir mußten mit Recht besorgen, daß unsere verehrten Mitglieder, wenn sie keine positive Arbeit sehen, sagen würden: „Was hat die Gesellschaft für einen Zweck, wir legen unsere Mitgliedschaft nieder!" Einige wenige Austritte sind ja allerdings erfolgt, aber namens des Ausschusses kann ich unseren jetzigen Mitgliedern den Dank aussprechen für das große Vertrauen, das die große Mehrzahl derselben uns geschenkt hat, wie gering die Austritte gewesen sind und wie zuversichtlich die übrigen Mitglieder der Gesellschaft uns treu geblieben sind. Meine Herren! Das soll und wird ein weiterer Ansporn für den Ausschuß und Vorstand sein, erst recht, nachdem wir jetzt dazu in die Lage kommen, weiter zu arbeiten, zu schaffen und zu wirken, damit auch das Vertrauen, das Sie uns entgegengebracht haben, gerechtfertigt wird und vor allen Dingen wir etwas Wirkliches leisten und sich unsere Wissenschaftliche Gesellschaft als das erweist, was sie ist, nämlich eine Stätte reger geistiger Forschung und Arbeiten — und daß sie eine Notwendigkeit für alle ist. Meine Herren! Durch Ihre Mitgliedschaft haben Sie doch bewiesen, daß Sie die Wissenschaftliche Gesellschaft für ein notwendiges Bedürfnis halten. Die Ergebnisse der Luftfahrt, die man vielleicht vor 10 Jahren vielfach als Phantasie bezeichnete, haben, nachdem die Dinge sich ganz besonders im Kriege so gestaltet und eine Entwicklung angenommen haben, die kein Mensch voraussehen und vorahnen konnte, der Wissenschaftlichen Gesellschaft erst recht die Notwendigkeit gezeigt, eine Zentralstelle der wissenschaftlichen Ergebnisse als Ansporn für weitere Arbeit zu werden. Wir müssen auch hier den Reichsbehörden vor allem den Dank dafür aussprechen, daß sie bei den Sitzungen des Ausschusses diesen Gedanken immer hoch gehalten und gefördert haben, und ich darf nicht unterlassen, unseres Ehrenvorsitzenden ganz besonders dankbar zu erwähnen. Er ist von Anfang an dafür eingetreten und hat gesagt: „Meine Herren, lassen Sie nicht Hoffnungslosigkeit in Ihre Reihen eintreten!" Wir haben sogar in einer Ausschuß-Sitzung im vergangenen Jahre auf seinen besonderen Wunsch eine Prüfung der Frage, ob die Wissenschaftliche Gesellschaft eine Notwendigkeit oder ob sie durch den Gang der Ergebnisse überholt sei, vorgenommen. Das erfreuliche Ergebnis war, daß uns gerade von seiten der Behörden, gerade von seiten der Vertreter des Kriegsministeriums und des Reichsmarineamtes ein positives „Ja!" entgegengebracht wurde. Seitens der Inspektion der Fliegertruppen wurde gesagt: „Meine Herren! Stellen Sie Ihre Arbeiten nicht ein; es kommt eine Zeit, wo sie ein Bedürfnis sein werden!" Auch

Ihr so zahlreicher Besuch heute beweist die Richtigkeit dieser Anschauung, und deshalb auch Ihnen unser Dank! Wir dürfen bei dieser Gelegenheit hier, wo wir zum erstenmal nach beinahe vier Jahren wieder versammelt sind — es war zuletzt im Frühjahr 1914 — nicht eines Dankes vergessen, eines Dankes, der an primärer Stelle kommt für alles das, was diejenigen für die Luftfahrt in so hervorragender und großartiger Weise getan haben, die ihr Leben in der allerschlimmsten Weise aufs Spiel gesetzt haben. Auch derer haben wir zu gedenken, die gefallen sind in ihrem Ehrenberuf; denn es ist ein Ehrenberuf geworden und wird es immer sein. Dieser Dank ist rege in Ihrer aller Herzen. Jeder von uns im einzelnen und die Wissenschaftliche Gesellschaft in ihrer Gesamtheit soll nicht zögern, diesen Dank besonders zum Ausdruck zu bringen. Wir alle werden den Männern, auch denjenigen, die uns unbekannt sind und besonders den jungen Fliegern, auf die Deutschland seine Hoffnung gesetzt hat, Dankbarkeit und Treue bewahren.

Wir ersehen aus den Berichten, die die Tagespresse bringt, die enormen Erfolge, die Heer und Marine erzielt haben; vieles ist zweifellos auf das Konto der Luftfahrt zu setzen. Die Luftfahrt ist es, die oft die Anzeichen und Mitteilungen an die Oberste Heeresleitung gebracht hat. Neben dem Danke an die Luftfahrt müssen wir hier auch unseren tiefempfundensten wärmsten Dank an die Oberste Heeres leitung ganz besonders zum Ausdruck bringen; meine Herren, wenn wir bedenken, was aus Deutschland hätte werden können, und wie jedem von uns allen trotz des Optimismus, mit dem jeder in den Krieg gegangen ist, bewußt gewesen ist, wie groß die Gefahr für unser Vaterland war, wenn wir bedenken, wie es leicht hätte anders kommen können, wenn wir bedenken, wie die russische Massenmacht uns im Osten bedroht und teilweise auch Erfolg gehabt hat, wenn wir bedenken, was gekommen wäre, wenn der Krieg nicht in Feindesland, sondern auf deutschem Boden sich abgewickelt hätte! Meine Herren: Es kommt uns erst jetzt zur richtigen Erkenntnis, wie der Krieg seitens der Feinde durchgeführt worden und wie er zweifellos noch viel intensiver zum Austrag gekommen, wenn er auf deutschem Boden erfolgt wäre. Meine Herren! Den großen Männern allen, besonders des Volkes Helden Hindenburg und Ludendorff, den beiden großen Heroen und Strategen, danken wir an dieser Stelle, wie gesagt, jeder von Ihnen im einzelnen und wir in der Gesamtheit aus tiefstem und bewegtem Herzen und voller Hoffnung, daß Gott uns auch weiter seinen Segen geben wird und daß unser Vaterland aus diesem schweren Kriege gestärkt als Bahnbrecher des Friedens, als Bahnbrecher der Wissenschaft, der Arbeit und der Treue weiterbestehen wird. (Bravo!)

Meine Herren! Wenn ich Ihnen kurz noch einiges über die Arbeit sage, die seit unserer letzten Generalversammlung seitens ihrer Ausschüsse erfolgt ist, so geschieht es, um Sie auf dem Laufenden zu halten und dasselbe in den Bericht aufzunehmen.

Wie ich schon vorhin erwähnte, hat unsere Gesellschaft durch den frühzeitigen Tod unseres Geschäftsführers, Herrn Dipl.-Ing. Béjeuhr, einen schweren Verlust erlitten. Für die Hinterbliebenen ist dank der Bemühungen des Herrn Oberstleutnant Siegert der Witwe staatlicherseits ein Zuschuß von jährlich M. 568.— zuteil geworden, während Ihr Ausschuß im Hinblick auf die großen Verdienste des Heimgegangenen der Witwe zunächst auf drei Jahre eine jährliche Rente von

M. 600.— bewilligt hat. Wir müssen hier auch mit besonderem Dank die Bemühungen des Herrn Patentanwalt Fehlert im Interesse der Witwe Béjeuhr feststellen.

Im September vorigen Jahres erließ das Königlich Bayerische Kriegsministerium ein Ausfuhrverbot für die „Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt", inzwischen ist dieses Verbot auf Grund unseres Vorgehens für Österreich wieder aufgehoben.

Ich habe vorhin schon die Frage der Notwendigkeit des Bestehens der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt kurz erwähnt. Ich erlaube mir, auf diese Frage besonders einzugehen, nachdem sie in unserer Ausschußsitzung im November vorigen Jahres eine eingehende und erschöpfende Behandlung erfahren hat. Ich gebe das Protokoll der betreffenden Sitzung hierzu wieder:

Punkt 7 der Tagesordnung der Ausschußsitzung vom 9. November 1917 lautete:

„Besprechung über die weitere Tätigkeit der Wissenschaftlichen Gesellschaft und der damit zusammenhängenden Notwendigkeit des Fortbestehens derselben, wobei als Unterlage für diese Besprechung gemäß einer besonderen Anregung des Ehrenvorsitzenden folgende Punkte dienen würden:

1. Inwieweit bei Fortentwicklung des Flugwesens durch Heer und Marine die Erfahrungen des Krieges bewiesen haben, daß die Wissenschaftliche Gesellschaft mitgearbeitet und inwieweit dieselbe unentbehrlich ist.
2. Unter Fortentwicklung wären zu verstehen
   a) die Fortschritte auf den Gebieten der Meteorologie (Kunde der Atmosphäre, Wetterkunde usw.);
   b) Technik (Statik, Kunde der Widerstände, Dimensionierung zukünftiger Luftfahrzeuge, Motorenfrage usw.).
3. Ist eine solche Mitarbeit auch nach dem Kriege zu entbehren?
4. Welche Ziele soll sich die Gesellschaft bei weiterer Mitarbeit vornehmen, insbesondere inwiefern kann sie die Heeres- und Marine-Verwaltungen entlasten?"

Stellungnahme des Vorsitzenden, Geheimrat v. Böttinger, zu der Frage.

„Die Versammlungen der Gesellschaft bildeten die Grundlage ihrer Tätigkeit, da diese infolge des Krieges nicht abgehalten werden konnten, war ihr Wirkungskreis unfreiwillig beschränkt, so daß man aus dieser Zeit keine Rückschlüsse auf die Notwendigkeit ihres Vorhandenseins ziehen kann. Die durch die stattgefundenen Vorbesprechungen bestärkte Ansicht des Vorstandes ist, daß die Gesellschaft durch die ihr gestellten

Aufgaben

wissenschaftliche Prüfung neuer Ideen, Vorhandensein als Sammelstelle für das Inland, für das neutrale und zurzeit feindliche Ausland, Ermöglichung des Austausches von Erfahrungen ihrer

Mitglieder

nicht entbehrlich ist. Mit der Technik des Flugwesens mag es anders sein, — die Wissenschaft muß frei ausgeübt werden können; wenn die Gesellschaft

nicht da ist, wird sich eine Lücke zeigen. Ein Anlehnen an andere Gesellschaften ist möglich, doch darf dies nur in einer Weise geschehen, die dem Vorstand die Hände nicht bindet.

Beweis der Existenznotwendigkeit.

Das nach ihr vorhandene Bedürfnis zeigt sich auch in der wachsenden Mitgliederzahl, trotz des Wenigen, das den Mitgliedern jetzt geboten werden kann (Wegfall des Jahrbuches durch Beschlagnahme des letzterschienenen, durch Nichtvorhandensein weiteren Materials). In den drei Kriegsjahren sind von 428 Mitgliedern nur 38 Austritte angemeldet worden, und diese Mitglieder bleiben der Gesellschaft nach dem Vorschlag der Zahlungsstundung während der Kriegszeit erhalten.

Die Göttinger Versuchsanstalt ist ein weiterer Beweis der Notwendigkeit solcher wissenschaftlichen Einrichtungen für die Behörden; wird doch der Betrieb zurzeit behördlicherseits aufrecht erhalten, während die Göttinger Vereinigung sie mit M. 6000,— jährlich unterstützt.

Sich den ihrer harrenden Aufgaben zu widmen, wird eine Ehrenpflicht der Gesellschaft sein.

Geheimrat v. Böttinger hofft, daß die Herren Behördenvertreter sich diesen Anschauungen anschließen werden."

Stellungnahme des Kriegsministeriums.

„Oberst Oschmann erklärt: Der Herr Kriegsminister ist im Einvernehmen mit den militärischen Stellen, insonderheit in Übereinstimmung mit der Stellungnahme des Kommandierenden Generals der Luftstreitkräfte, der Ansicht, auf die Mitarbeit der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt nicht verzichten zu wollen, da sie eine Entlastung der Arbeit der Heeresverwaltung bedeutet."

Stellungnahme des Reichsmarineamtes.

„Kontreadmiral Starke schließt sich für die Herren Staatssekretär des Reichsmarineamts und Chef des Admiralstabs diesen Ausführungen an. Es ist begreiflich, daß die Tätigkeit der Gesellschaft während des Krieges, behindert durch die Zensur, direkt wenig hervorgetreten ist; ihre indirekte Mitarbeit durch ihre Mitglieder ist ebenso bekannt, wie ihr Anteil an der Schaffung der Göttinger Versuchsanstalt. Ihre Generalversammlungen haben befruchtend gewirkt, auch im militärischen Interesse."

Parallele m. d. Schiffsbautechnischen Gesellschaft.

Nach Friedensschluß verspricht man sich von ihrer Mitarbeit große Vorteile, vielleicht weniger direkt, als durch indirekte Mitarbeit, parallel dem Wirkungskreis der Schiffbautechnischen Gesellschaft.

„Professor Prandtl stimmt der Parallele mit der Schiffbautechnischen Gesellschaft zu."

Zuführung junger Kräfte.

Viele Mitglieder der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt sind als Angehörige des Beurlaubtenstandes im Heer wissenschaftlich für die

Luftfahrt tätig; die Gesellschaft ist die gegebene Stelle zum Zusammenfassen dieser Elemente nach ihrem Ausscheiden aus der Militärverwaltung. Durch ein Aufgehen in den behördlichen Ressorts würde

1. die Fühlung der wissenschaftlichen Arbeiter untereinander leicht verloren gehen,
2. eine gewisse Begrenztheit und Einseitigkeit in der Beurteilung der vorliegenden Fragen eintreten, wenn die Bearbeitung immer durch dieselben Persönlichkeiten erfolgt.

Hierin liegt wiederum ein großer Wert der Gesellschaft: neues Blut durch junge, den führenden Leuten nicht bekannte Kräfte, die sonst unbekannt blieben, zuzuführen. Die Gesellschaft ist hierzu besonders in der Lage durch die allgemeinen Diskussionen in der Hauptversammlung, wo jeder das Wort ergreifen kann.

Stellungnahme der Inspektion der Fliegertruppen.

„Oberstleutnant Siegert begründet die Notwendigkeit der Existenz der Gesellschaft: Eine Zentrale ist erforderlich, das Göttinger Institut genügt nicht. Durch Angliederung an eine Reichsversuchsanstalt oder die Industrie wird zwar eine Zentrale für Versuche entstehen, unter schützender staatlicher Hand. Rein staatliche Arbeit kann aber die Wissenschaft nicht ausreichend fördern, eine Freistatt muß vorhanden sein; hier öffnet sich der Gesellschaft ein eigenstes Gebiet: Sprechsaal und Tummelplatz freier Meinungen zu sein."

Stellungnahme des Kommandierenden Generals der Luftstreitkräfte.

„Major Freiherr v. Fritsch: Der Kommandierende General der Luftstreitkräfte, der seine Verhinderung der Teilnahme an der Tagung bedauert, legt besonderen Wert auf das Fortbestehen der Gesellschaft; die Weiterarbeit im engsten Zusammenhang mit den militärischen Stellen ist erwünscht

1. zur Entlastung der Behörden,
2. um bei der Industrie eine Verschwendung der Kräfte zu verhüten."

Dank des Vorstandes für die Stellungnahme der Behörden.

Art der Arbeitsbeteiligung durch die Gesellschaft.

„Geheimrat v. Böttinger bringt den Dank des Vorstandes und der Gesellschaft für die Stellungnahme der Behörden zum Ausdruck. Die heutigen Anregungen sollen ein besonderer Anstoß zur Erweiterung des Programms werden. Der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt bieten sich durch ihre Kommissionen weitergehende Möglichkeiten zur Mitarbeit als der Schiffbautechnischen Gesellschaft, die sich auf ihre Jahresversammlung beschränkt.

Die Ausschüsse.

Es ist wünschenswert, die Ausschüsse, in denen zum Teil intensiv gearbeitet worden ist, bestehen zu lassen, da sie produktiver als große Versammlungen zu sein pflegen, denen gegenüber sie auch die Fortdauer und Kontinuität der Arbeiten voraus haben."

F. C. H. Heye: Meine Herren! Ihr Herr Vorsitzender war so freundlich, des Vorsitzenden und des stellvertretenden Vorsitzenden der Handelskammer zu gedenken. Ich möchte die Mitglieder der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt namens der hamburgischen Kaufmannschaft und der Handelskammer herzlich willkommen heißen und meine Freude darüber ausdrücken, daß Sie die diesmalige Sitzung in Hamburg tagen lassen. Sie wissen alle, daß wir in Hamburg alles mit Interesse verfolgen, was großen Zielen entgegen strebt und weit ausschauend wirken soll. Wir haben das früher schon zum Ausdruck gebracht, daß wir, wie ich glaube, mit eine der größten Luftschiffhallen für Zeppeline in Hamburg-Fuhlsbüttel geschaffen haben. Das ist inzwischen durch die Ereignisse überholt worden. Die Luftschiffahrt hat ungeahnte Erfolge erzielt. Jetzt ist das, was wir in Hamburg für sie schaffen konnten, veraltet. Das ist wieder ein Zeichen für den enormen Fortschritt und für den Gang, den die Luftschiffahrt genommen hat. Wir danken seitens der Kaufmannschaft und haben es oft in der gleichen Weise, wie es Ihr Herr Vorsitzender getan hat, zum Ausdruck gebracht, der Obersten Heeresleitung und ebenso allen Kämpfern im Osten und Westen und den Kriegern in der Luft für alles das, was sie für unser Vaterland getan haben. Wir denken daran, daß die Luftschifffahrt in weiterer Ausbildung manches Praktische für den Verkehr schaffen wird, wo die Luftschiffahrt das, was unsere Vorfahren auf dem Seewege begonnen haben, den Personenverkehr zu erleichtern und zu fördern, auch praktisch für den Personenverkehr nach weiten Ländern leisten wird. So möchte ich denn meine kurzen Begrüßungsworte damit schließen, daß ich wünsche, daß die Wissenschaftliche Gesellschaft weiterhin mit Nutzen für uns arbeiten und auch nach dem Kriege lange Jahre eine günstige Entwicklung nehmen möge.

Vorsitzender: Herr Geheimrat Grübler hat gebeten, namens der sächsischen Freunde deren Grüße zu übermitteln.

Geheimrat Grübler übermittelt herzlichste Grüße seitens des Königlich Sächsischen Vereins für Luftschiffahrt und spricht gleichzeitig den Wunsch aus, daß die diesmalige Tagung, die erste seit dem großen Kriege, erfolgreich verlaufen möge.

Vorsitzender: Herzlichen Dank! Darf ich Herrn Geheimrat bitten, unsere freundlichsten Gegengrüße übermitteln zu wollen und Ihrem verehrlichen Verein zu versichern, daß der Ausdruck für treues Gedenken der sächsischen Kollegen und Freunde uns aufrichtigst erfreut hat.

Darf ich anfragen, ob aus der Versammlung noch irgendeine Begrüßung gewünscht wird? — Das ist nicht der Fall. Dann kann ich in meiner Berichterstattung fortfahren. Ich will nur die Hauptpunkte erwähnen.

Der Allgemeine Versicherungs-Schutzverband, dessen Vorsitzender ich bin, hat mit den Versicherungsgesellschaften günstige Bedingungen für die Versicherung gegen Schaden durch Bombenabwürfe und Geschosse an Luftfahrzeugen vereinbart, wovon alle Luftstellen in Kenntnis gesetzt sind. Es ist wünschenswert, daß dies allgemein zur Kenntnis kommt.

Der Deutsche Verband der technisch-wissenschaftlichen Vereine macht seine Mitglieder, zu denen wir auch zählen, in einem Rundschreiben auf die Wünsche

der Generalkommandos und Behörden aufmerksam, auf die größte Vorsicht bei der Abhaltung technisch-wissenschaftlicher Vorträge zu achten. Ich habe schon darauf hingewiesen.

An der Nationalstiftung für die Hinterbliebenen der im Kriege Gefallenen haben wir uns auch mit einem unseren Verhältnissen entsprechenden Betrage beteiligt. Wir haben M. 1000,— überwiesen, ebenso, wie wir der Inspektion der Fliegertruppen im vergangenen Jahre einen kleineren Betrag für derartige Zwecke haben zuteil werden lassen.

Von dem Herrn Vorsitzenden des Deutschen Museums, unserem hochverehrten Mitgliede, Herrn Reichsrat v. Miller, ist eine Anregung an uns, resp. an die gesamten Luftfahrvereine ergangen, eines Mannes zu gedenken und eine bleibende Erinnerung an denselben durch die Stiftung einer für den Ehrensaal des Museums bestimmten Plakette oder Tafel für Otto v. Lilienthal zu schaffen. Er war es, der die ersten eigentlichen Grundlagen für den Bau der Flugzeuge schuf, indem er die Bedeutung der Tragflächen mit scharfem Geiste und kühner Tat, unter Einsetzung seines Lebens, erforschte. Wir haben diese ehrenvolle Aufgabe gern übernommen und haben mit dem Bayerischen Aeroklub, dem Deutschen Luftfahrerverband, dem Deutschen Luftflottenverein, der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, dem Kaiserlichen Aeroclub, dem Luftfahrerdank, dem Verein Deutscher Motorfahrzeug-Industrieller zusammen den Betrag von M. 3000,— dem Deutschen Museum zur Verfügung gestellt. Das Deutsche Museum hatte die Güte, eine diesbezügliche Tafel zur Anbringung in ihrer Ehrenhalle anfertigen zu lassen. Gleichzeitig haben die vereinigten Gesellschaften dem Deutschen Museum eine Ehrenurkunde in künstlerischer Ausführung überreicht. Herr Gustav Braunbeck hatte die große Güte, die Anfertigung der Urkunde, sowie den prächtigen Einband in Samt anzufertigen. Derselbe hatte die ganzen Kosten selbst übernommen, ebenso auch für den Einband, der im Original prächtig ausgestattet ist. Wir sprechen namens der Versammlung und des Ausschusses Herrn Braunbeck den herzlichsten Dank für die große Liebenswürdigkeit und das große Entgegenkommen, die er uns bewiesen hat, aus. Nochmals danken wir Herrn Reichsrat v. Miller, daß er uns Gelegenheit gegeben hat, des Mannes zu gedenken, dem es vergönnt war, die ersten Anregungen zu geben, auf Grund deren die Luftfahrt ihre heutigen Fortschritte aufgebaut hat. Herr v. Miller hat in seiner steten und unermüdlichen Initiative sich selbst einen Denkstein gesetzt.

Eine der wichtigsten Entwicklungen der Luftfahrt, die zum Abschluß gelangt, ist die Errichtung des Kaiser-Wilhelm-Institutes für Aerodynamik. Schon lange vor dem Kriege waren Verhandlungen im Gange, ein Kaiser-Wilhelm-Institut für Aerodynamik und Hydrodynamik durch die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zu errichten. Die preußische Unterrichtsverwaltung hatte mit aller Wärme dieses Projekt gefördert und war bereit, dafür voll und ganz einzutreten, wofür ihr jetzt noch warmer Dank gebührt. Als der Krieg ausbrach, hat aber der preußische Finanzminister, dem das neue Institut lebhaftestes Interesse bot, erklärt, er könne jetzt für derartige Zwecke keine Mittel bereitstellen. Da traten das Kriegsministerium — und Herr Oberst Oschmann hat hier ganz besonders bahnbrechend gewirkt — und das Reichsmarineamt zusammen in den Riß und haben die nötigen

Mittel zur Verfügung gestellt, um ein diesbezügliches Institut zu erbauen. Das preußische Kultusministerium hat auch in den neuen Verhältnissen tatkräftig mitgewirkt — und ebenso haben sich die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und die Göttinger Vereinigung an der Durchführung beteiligt, während ich persönlich das für den Bau benötigte Grundstück unentgeltlich zur Verfügung gestellt habe. Zunächst ist die Hälfte der gesamten Anlage fertiggestellt und in Betrieb genommen worden, und zwar die Aerodynamik, während die Aufnahme der hydrodynamischen Versuche und der Bau dieser Anstalt erst nach dem Kriege erfolgen wird. Dieses schöne Institut ist unter Leitung des Herrn Professor Prandtl errichtet worden. Die Kosten sind allerdings höher geworden als angenommen wurde, sie betragen bis jetzt ca. M. 300000,—, obgleich das der Betrag ist, der — natürlich als Friedenspreis — für das gesamte Doppelinstitut vorgesehen war. Die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft wird den Vertrag aufrecht erhalten und M. 150000,— hergeben, sobald wir wieder in der Lage sind zu bauen und Herr Professor Prandtl sich dieser weiteren Aufgabe für den weiteren Teil des Instituts zu widmen in der Lage ist. Die Einrichtung ist so getroffen, daß ein Teil der Zeit wissenschaftlichen Forschungen und Zwecken gewidmet ist und natürlich in erster Linie der Heeresverwaltung zugute kommt, während Versuche, Beobachtungen und Prüfungen für die Industrie gleichzeitig vorgenommen werden sollen und können. Ich möchte auch Herrn Professor Prandtl für die unermüdliche Hingabe, mit der er sich der Sache gewidmet hat, danken, besonders, wenn man weiß, wie unendlich schwer die Arbeit war, die zu leisten war. Die zu treffenden Einrichtungen waren wesentlich größer als vorgesehen war. Fortwährend stellte sich heraus, daß die Wünsche der betreffenden Verwaltungen viel weiter gingen. Darf ich Ihnen sagen, daß der eine Apparat einen Luftstrom von 60 Sekundenmeter erzeugt, ein Luftstrom, in dem kein Mensch überhaupt mehr aushalten kann. 40 Sekundenmeter ist das Maximum, was als Widerstandskraft entgegengesetzt werden kann.

Professor Prandtl: Herr Geheimrat v. Böttinger war so liebenswürdig, der Arbeit zu gedenken, die wir in Göttingen geschafft haben. Ich möchte ausdrücklich betonen: daß die Sache so groß geworden und es überhaupt möglich gewesen ist, sie im Kriege durchzuführen, danken wir der warmen Unterstützung durch Heeres- und Marineverwaltung. Dafür möchte ich hier meinen besonderen Dank zum Ausdruck bringen. Die Anstalt war von uns im Frieden sehr viel kleiner projektiert, und daß sie jetzt, wie erwähnt worden ist, etwas teurer geworden ist — im Gegensatz zu den sonstigen Kriegskosten sind schließlich M. 300000 keine große Summe — ist wesentlich auf den Ansporn zurückzuführen, den ich von den Herren der Kriegsverwaltung bekommen habe, die Sache überhaupt größer zu machen als ich selbst ursprünglich vorhatte. Wenn wir nach dem Kriege ein Institut haben, das in allen Punkten erstklassig ist, so ist das der Aufmunterung zu danken, mit den Anforderungen, die wir an unser Institut stellten, bis an die Grenze des vernünftigerweise zu Stellenden zu gehen. Für diesen Ansporn werde ich dauernd den Kriegsverwaltungen zu Dank verpflichtet sein, denn als bescheidener Professor — (Zuruf: und tatkräftiger Förderer!) — ich wollte etwas anderes sagen — als bescheidener Professor habe ich mir seinerzeit gelobt, mit möglichst wenig Mitteln das Möglichste zu erreichen und erwähne nur, daß die

alte Modellversuchsanstalt, die jetzt immer noch sehr nützliche Arbeit liefert, seinerzeit mit M. 20000,— Baumitteln gebaut worden ist; sie sieht allerdings auch darnach aus, aber darauf kommt es nicht an. Wenn wir jetzt weitergekommen sind, verdanken wir das den Forderungen, die durch den Krieg bedingt worden sind. Soviel Schlimmes der Krieg bringt, sieht man auch, daß er zu fördern versteht in einer Weise, wie wir es früher selbst nicht haben denken können.

Vorsitzender: Meine Herren! Ich will auf alle die noch vorhandenen kleinen Fragen nicht eingehen; wir haben viel Wichtigeres zu tun. Nur eins habe ich noch zu erwähnen. Es war im letzten Herbst seitens des Generalkommandos der Luftstreitkräfte eine Zusammenfassung der Luftfahrvereine und Luftfahrstellen zu einer großen Organisation angeregt worden. Eine solche Organisation sollte

a) eine Zersplitterung der Kräfte verhindern,
b) den Behördenverkehr vereinfachen,
c) die internationale Repräsentation übernehmen.

Sie würde zweifellos mehr für die Sport und Wohlfahrt ausübenden Vereine Bedeutung haben, als für uns, da die Wissenschaft in der freien Ausübung nicht zu beschränken ist. Die Frage ist sehr eingehend in unserem Ausschuß geprüft worden. Es haben sehr eingehende Verhandlungen unter den verschiedenen Vereinen und Verbänden stattgehabt. Es hat sich auch eine derartige Organisation gebildet, zwar nicht ganz so weitgehend, wie sie ursprünglich gedacht war, aber doch sehr geeignet zur Förderung der Ziele und gemeinschaftlichen Interessen dieser Vereine. Es sind das in erster Linie der Deutsche Luftfahrerverband, der Deutsche Luftflottenverein, der Luftfahrerdank, der Frauenverband des Deutschen Luftflottenvereins, der Deutsche Fliegerbund. Diese fünf Vereinigungen haben sich zusammengeschlossen zu einem neuen „Arbeitsausschuß für die Deutsche Luftfahrt" (A. D. L.). An den Beratungen haben sowohl der Kaiserliche Aeroclub als auch unsere Gesellschaft teilgenommen, vertreten durch Herrn Major v. Parseval. Die Wissenschaftliche Gesellschaft ist zu dem Ergebnis gekommen, daß es bei der Eigenart ihrer Aufgaben doch im Interesse unserer Gesellschaft richtiger erscheine, sich nicht so fest an eine Vereinigung, deren einzelne Gruppen in erster Linie Sport- und Wohlfahrtsaufgaben haben, zu binden und anzuschließen und damit Verpflichtungen zu übernehmen, die uns in unserer Aktions- und unserer Bewegungsfreiheit hätten hinderlich sein können. Der Kaiserliche Aeroclub hat sich auch nicht angeschlossen; weshalb wissen wir nicht, es sind das auch Fragen, die uns nicht berühren und zu beschäftigen haben. Der A. D. L. hat sich konstituiert unter Vorsitz von Herrn Geheimrat Hergesell. Wir haben inzwischen mit dem A. D. L. eine Verständigung dahin getroffen, daß wir eine sogenannte Interessengemeinschaft bilden, daß wir bei allen großen und wichtigen Fragen mitarbeiten, auch, daß wir unsere gegenseitigen Erfahrungen austauschen, daß wir aber vor allen Dingen, was wichtig ist, unsere eigene Selbständigkeit wahren. Die anderen Vereine haben auch anerkannt, daß die Verhältnisse und Voraussetzungen bei uns ganz andere sind als bei ihnen. Es ist aber der Zweck erreicht, daß wir zusammengehen, daß wir uns in den Arbeiten nicht gegenseitig in den Weg stellen. Ich habe Herrn Geheimrat Hergesell hier besonders zu danken, daß er auch da das richtige Empfinden gehabt hat und diesem Vorschlage in einem sehr liebenswürdigen Schreiben zugestimmt hat. Wir

wünschen dem A. D. L. alles Gute und Ersprießliche und wollen mitarbeiten an der Durchführung ihrer Aufgaben. Damit wäre mein Generalbericht erschöpft. Wird das Wort dazu gewünscht?

Wir kommen dann zu den Berichten der Ausschüsse. Es haben gestern zwei Ausschüsse getagt: der Navigationsausschuß unter Vorsitz des Herrn Wirklichen Geheimen Admiralitätsrat Capelle und der Konstruktionsausschuß unter Vorsitz des Herrn Professor Reissner. Ich weiß nicht, ob Herr v. Parseval über den Wissenschaftlich-Technischen Ausschuß Bericht erstatten will.

Major v. Parseval: Der Wissenschaftlich-Technische Ausschuß ist während des Krieges nicht zusammengetreten. Von technischen Fragen, die vor dem Kriege schon im Gange waren, ist in der Hauptsache zu erwähnen der Wettbewerb über Beschleunigungsmesser, für den Preise ausgesetzt und Arbeiten schon eingelaufen waren. Durch die Störungen des Krieges war es nicht möglich, den Wettbewerb durchzuführen, weil der Beschleunigungsmesser auf Flugzeugen ausprobiert werden muß. Wir haben beschlossen, diesen Wettbewerb bis nach dem Kriege zu verschieben. Von den Unterausschüssen ist nur zusammengetreten der Ausschuß für Navigierung, der Auschuß für Vereinheitlichung der Fachsprache und der Ausschuß für Aerodynamik, sowie der Ausschuß für konstruktive Fragen. Die Verhandlungen waren außerordentlich interessant. Ich glaube, ich darf den betreffenden Vertretern der Ausschüsse das Wort am besten überlassen.

Wirklicher Geheimer Admiralitätsrat Capelle: Auf dem Gebiete der Navigierung wird es notwendig sein, eine neue Grundlage zu schaffen. Wir haben im Laufe des Krieges so unendlich viele Fortschritte auf dem Gebiete der Luftfahrt gemacht, daß zunächst nicht übersehen werden kann, welche Tragweite die einzelnen Sachen haben. Wir sind nicht in der Lage, die Fortschritte zu übersehen, weil sie im Interesse der Landesverteidigung geheim gehalten werden müssen. Wir dürfen hoffen, daß nach Beendigung des Krieges ein großer Teil der Fortschritte bekannt gegeben wird, und daß es möglich sein wird, die Fortschritte zu sichten und zuzusehen, welche Ergebnisse sie haben. Wenn wir in dieser Weise systematisch vorgehen wollen, dürfen wir die Arbeiten nicht verschieben, bis der Krieg zu Ende ist, sondern werden an Heer und Marine die Bitte zu richten haben, das Material, das vorliegt, zu sichten und nach Beendigung des Krieges zur Verfügung zu stellen. Wir werden versuchen, sachverständige Mitarbeiter zu bekommen, die in der Materie drin sind, damit wir zu einem Ergebnis kommen. Der Erfolg dieser Fragen ist im Navigationsausschuß geprüft worden. Derselbe ist zum Entschluß gekommen, Sie zu bitten, zunächst M. 6000,— zur Verfügung zu stellen zur Drucklegung, Honorierung und für Vorarbeiten auf dem Gebiete der Geschwindigkeitsmessung, auf dem Gebiete der Höhenmessung, auf dem Gebiete der Neigungsmessung und auf dem Gebiete der Richtungsanzeige. Wenn das Geld bewilligt wird, dürfen wir hoffen, daß wir zu grundlegenden Arbeiten kommen, die wir aus den Anregungen schöpfen, daß wir auf diesem Gebiete weiterkommen werden.

Vorsitzender: Der Ausschuß hat in seiner gestrigen Sitzung beschlossen, den Antrag des Navigationsausschusses zu bewilligen und Sie zu bitten, in den Etat des nächsten Jahres den Betrag von M. 6000,— einzusetzen. Wir wollen uns nicht verhehlen, daß wir anfangen, von dem Kapitalstock zu zehren und ihn

anzugreifen. Ich glaube, Sie werden einsehen, daß wir keine Gesellschaft sind, die das Kapital tesauriert und sich nur mit den Zinsen für ihre Aufgaben begnügt. Die Hauptsache ist, daß wir das uns anvertraute Geld nutzbringend anwenden. Je mehr wir positiv arbeiten und das Geld dafür anwenden, desto mehr Mitglieder werden wir haben, desto leichter werden wir Gelder von anderer Seite, seien es Staatsbehörden oder sei es von privater Seite, erhalten. Wie gesagt, wir sind hier, um zu arbeiten und positiv zu wirken und nicht, den Bankier zu spielen und Gelder anzusammeln.

Wir möchsten auf das wärmste bitten, den Betrag zu bewilligen; er wird voraussichtlich in den nächsten zwei Jahren zur Erhebung kommen. Es ist zweifellos, daß der Betrag als solcher für die Aufgaben des Navigationsausschusses und nach der Ansicht des gesamten Ausschusses auf die Dauer nicht reichen wird. Der Navigationsausschuß wird zweifellos mit weiteren Anforderungen an uns kommen, aber wir können getrost bezüglich der finanziellen Lage in die Zunkunft sehen und können getrost eventuelle weitere Forderungen, wenn sie an uns gerichtet werden, erfüllen. Der ist zwar ein schlechter Finanzminister, welcher so zu Ausgaben anreizt, aber wie gesagt, wir haben ganz andere Aufgaben zu erfüllen — zu forschen und uns unseren Mitmenschen nützlich zu machen.

Professor Reissner: Meine Herren! Die letzten Arbeiten, die der Ausschuß für konstruktive Fragen im Verein vorgenommen hatte, waren kurz vor Beginn des Krieges veröffentlicht worden. Von konstruktiven Fragen hat sich in der Tat als die fruchtbarste und zur Besprechung im Verein als geeignetste die Frage der Festigkeitsberechnung erwiesen. Es hat sich bei der gestrigen Tagung — der ersten seit Beginn des Krieges — wieder gezeigt, daß die Festigkeitsberechnung die beste Grundlage für einen gegenseitigen Meinungsaustausch und Arbeitsaustausch im Verein bildet. Wir haben einen außerordentlich interessanten Vortrag von Herrn Geheimrat Müller-Breslau über eine weitere Methode gehört, die nötig ist für die Berechnung. Vorläufig werden wir bei Flugzeugen auf die äußerste Gewichtsersparung, worauf es ankommt, viel Zeit anwenden müssen. Es ist alles durchgearbeitet. Dann hat der Herr Geheimrat beachtenswerte Beiträge über neue Gebiete des Flugzeugaufbaus, über den Aufbau der Bespannung gegeben. Er hat die Gründe vorgetragen, die zur Bespannung der Flugzeuge geführt haben, die darin bestehen, daß Tragflächen von großer Dicke gebaut wurden, die vorteilhaft sind und außerordentlich zur Vermeidung des Luftwiderstandes beitragen.

Auch Herr Junkers hat versprochen, der Gesellschaft in Kürze einen weiteren Beitrag zu liefern. Es sind weiter besprochen die augenblicklich noch bestehenden Lücken für die konstruktive Ausgestaltung und Berechnung des Flugzeugaufbaues, die darin bestehen, daß üb r die Gegenverspannung der Flugzeuge noch nicht genügend Vorschriften sowohl für den Aufbau, als auch für die Berechnung bestehen.

Dann wurde auf Gebiete hingewiesen, für die eine große Zukunft besteht, das ist die Frage des konstruktiven Aufbaues und der Berechnung der Propeller verschiedener Art, die ganz besonders dadurch wichtig wird, daß wir zu immer größeren Durchmessern übergehen und die Verantwortung für derartige Aufbauten immer mehr wächst.

Die Gesellschaft hat in diesen Fragen ein außerordentlich reiches Arbeitsgebiet vor sich, und die Mitglieder des Ausschusses haben sich mit Freuden bereit erklärt, daran mitzuarbeiten und aus ihrer Praxis der Gesellschaft so oft wie möglich Beiträge zur Verfügung zu stellen.

Geheimrat Eugen Meyer: Der Ausschuß für die Vereinheitlichung der Fachsprache hat vor dem Kriege die Aufgabe übernommen, einmal die Fachausdrücke zu vereinheitlichen und festzulegen und andererseits die Formbezeichnungen zu vereinheitlichen und zu schaffen für die wissenschaftliche Behandlung der Flugtechnik. Wir hatten als Grundlage für unsere Arbeiten zwei Listen für Fachausdrücke, einmal von Professor Bendemann und eine andere vom Deutschen Luftfahrerverband aufgestellt. Wir hatten eine kleine Kommission gebildet, die gerade in den letzten Tagen vor Ausbruch des Krieges daran war, die Arbeiten auszuführen. Aber leider konnten die Herren, die die Bearbeitung der einzelnen Abteilungen übernommen hatten, während des Krieges die Arbeiten nicht fördern, so daß sie gegenwärtig ruhen.

Im Kriege selbst befaßte sich der Unterausschuß mit einer Denkschrift von Herrn Professor Prandtl über „Neuordnung der Luftwiderstandsziffern", in dem diese nicht, wie bisher, auf den doppelten Staudruck, sondern auf den Staudruck selbst bezogen werden soll.

Es wurde im Unterausschuß ein eingehender Meinungsaustausch über diese Frage herbeigeführt. Eine Beschlußfassung war nicht erforderlich, da diese Neuordnung von der Göttinger Versuchsanstalt und Flugzeugmeisterei angenommen wurde, und die Flugzeugmeisterei hatte Listen von Fachausdrücken und Formausdrücken aufgestellt. Es erscheint während des Krieges nicht ratsam, die von anderer Seite geförderten Arbeiten aufzugreifen. So haben wir gestern beschlossen, unsere Arbeiten erst nach dem Kriege wieder aufzunehmen und Vorbereitungen hierzu getroffen.

(Exzellenz v. Falk erscheint in der Versammlung.)

Vorsitzender: Seine Exzellenz Herr General v. Falk hat uns die hohe Ehre erwiesen, an den Verhandlungen teilzunehmen. Exzellenz, darf ich für die hohe Ehre, die Sie uns durch Ihren Besuch zuteil werden lassen, bestens danken.

Exzellenz v. Falk: Daß ich der Sache besonderes Vertrauen entgegenbringe, ist selbstverständlich. Soweit es meine Zeit erlaubt, werde ich mit großer Freude den Vorträgen beiwohnen.

Vorsitzender: Wir fahren in unseren Verhandlungen fort. Ich war gerade im Begriff, den drei Herren für die Arbeit, die die Unterausschüsse geleistet haben, zu danken und meiner Freude darüber Ausdruck zu geben, daß wir sehen, daß neues Leben aus den alten Ruinen, bzw. aus der Zeit des Stillstandes erwächst.

Meine Herren! Der nächste Punkt der Tagesordnung, über den ich mich ganz kurz fasse, ist der Kassenbericht. Sie haben neben der Ehre, die Sie mir erwiesen haben, Ihr Vorsitzender zu sein, mich auch noch mit dem Amt des Schatzmeisters betraut. Die Abrechnung für das Jahr 1917 ist von Herrn Patentanwalt Fehlert und Herrn Professor Berson geprüft. Der schriftliche Bestätigungsbericht für den richtigen Befund ist noch nicht eingegangen, weil Herr Professor Berson außerordentlich in Anspruch genommen ist. Herr Professor Berson hat mir

mündlich mitgeteilt, er werde bereit sein, zu bestätigen, daß alles in bester Ordnung ist und um Entlastung für den Schatzmeister bitten.

Die finanzielle Lage ist die, daß die Einnahmen M. 15500,— betragen. Darin sind M. 1700,— enthalten, die wir von verschiedenen Vereinen erhalten haben für deren Beitrag zur Lilienthalspende. Die Spende ist noch nicht an das Deutsche Museum abgeführt, so daß de facto unsere Einnahmen M. 13800,— betrugen. Die Ausgaben betrugen M. 8500,— plus unseren Zuschuß von M. 500,— für die Lilienthalspende, zusammen M. 9000,—, so daß wir mit einem Überschuß von rund M. 4000,— zu rechnen haben.

(Bürgermeister Dr. v. Melle betritt den Saal.)

Seine Magnifizenz der Herr Erste Bürgermeister dieser schönen Stadt erweist uns noch die Ehre, an unseren Beratungen teilzunehmen. Magnifizenz gestatten, unseren besonderen Dank für die hohe Ehre, die Sie uns erweisen, auszusprechen und besonders auch dafür, uns in Ihrer herrlichen Stadt aufzunehmen, wodurch der Tagung besonderer Reiz verliehen wird.

Der Vorsitzende verliest dann weiter den Kassenbericht und erwähnt, daß das Vermögen rund M. 61000,— betrage. Von diesem Kapital sind M. 55000,— in Kriegsanleihe des Deutschen Reiches im Betrage von 54220,— angelegt, so daß wir noch rund M. 6000,— bar haben. Davon gehen noch zwei Beträge von M. 2400,— ab für Rechnungen der Firmen Oldenbourg und Springer, die nach Fertigstellung des Abschlusses eingegangen sind.

Der Mitgliederbestand ist zurzeit folgender:

1 Ehrenmitglied,
5 lebenslängliche Mitglieder,
13 Mitglieder als Regierungskommissare,
35 Mitglieder an der Front, die während des Krieges von der Zahlung der Mitglie sbeiträge befreit sind, und
389 Jahresmitglieder.

Meine Herren! Ich darf bitten, auf Grund der Mitteilungen des Herrn Professor Berson — ist Herr Professor Berson hier? Das ist nicht der Fall, sonst hätte ich ihn gebeten, nach der gestrigen mündlichen Erklärung das Wort zu nehmen — Entlastung für den Schatzmeister zu erteilen.

Widerspruch erhebt sich nicht. Ich darf annehmen, daß Entlastung erfolgt ist.

Bei dem Voranschlag für 1918 rechnen wir mit einer Summe von M. 9000,— für Mitgliedsbeiträge. Es haben sich in den letzten Tagen mehrere neue Mitglieder angemeldet. Es werden dann noch für Zinsen M. 3000,— hinzukommen, so daß wir mit rund M. 12000,— Eingang zu rechnen haben. Die Abrechnung dieses Jahres wird natürlich wesentlich anders sein als die der vergangenen. Wir werden nicht mit einem Überschuß zu rechnen haben, sondern einen Zuschuß einsetzen müssen, und zwar infolge der heutigen Beschlüsse und der größeren Anforderungen infolge der neu einsetzenden größeren Arbeit. Dann haben wir der Witwe des verstorbenen Ingenieurs Béjeuhr eine Rente von M. 600,— für drei Jahre bewilligt und nachträglich um Ihre Genehmigung zu bitten. Nun kommt der Antrag des

Navigationsausschusses auf Bewilligung von M. 6000,—, wovon voraussichtlich die Hälfte im nächsten Jahre, die andere Hälfte im übernächsten Jahre gebraucht wird, so daß wir immerhin einen Gesamtbetrag von M. 20000,— in Anrechnung zu bringen haben werden. Davon gehen ab nicht wiederkehrende Einrichtung des Büros und Umzugskosten mit M. 2000,—, so daß mit einem Unterbetrag von rund M. 6000,— zu rechnen sein wird. Wie ich schon vorhin erwähnte, sind wir keine wirtschaftliche Gesellschaft. Wir wollen die Gelder zu den Zwecken verwenden, zu denen sie überwiesen sind. Wir können einer solchen Unterbilanz mit aller Ruhe entgegensehen und brauchen nicht zu befürchten, daß erhöhte Anforderungen an unsere Mitglieder gestellt werden.

Ferner bitten wir, die beiden geehrten Herren Rechnungsprüfer, denen wir für ihre Mühewaltung besten Dank sagen, wiederzuwählen. Ich darf fragen: Sind Sie mit diesen Voranschlägen einverstanden? (Zustimmung.) Dann darf ich feststellen, daß M. 6000,— für den Navigationsausschuß genehmigt und die beiden Herren, Professor Berson und Patentanwalt Fehlert, als Rechnungsführer wiedergewählt sind. Der konstruktive Ausschuß hat keine Forderungen gestellt; ich nehme aber an, daß seitens des Ausschusses im Laufe der Zeit Wünsche an uns herantreten, die wir entsprechend berücksichtigen müssen.

Damit ist der Kassenbericht erledigt.

Wir kommen nunmehr zu den Vorstandswahlen. Seit unserem letzten Zusammensein haben sich auch verschiedene Veränderungen im Vorstand ergeben. Es wurden Vorstandswahlen mit dreijähriger Auslosungsperiode für das 1. und 2. Jahr vorgenommen. Für das Jahr 1918 scheiden aus: die Herren Hauptmann Professor Dr. Ahlborn, Geheimer Regierungsrat Erythropel, Exzellenz von der Goltz, Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Hergesell, Seine Exzellenz General der Infanterie v. Lyncker, Seine Exzellenz Merten-Pascha, Werftsbesitzer Oertz, Geheimer Regierungsrat Zimmermann und Herr Major v. Parseval.

In dieser Zeit hat der Ausschuß einige Wahlen und Ergänzungen im Interesse der Gesellschaft und der weiteren Arbeit vorgenommen und hat vorbehältlich Ihrer Genehmigung hinzugewählt: die Herren

Richard Gradenwitz, Berlin,
Professor Dr. Klingenberg, Berlin,
Major Wagenführ, Flugzeugmeisterei, Charlottenburg,
Geheimrat Capelle, Reichsmarineamt,
Geheimrat Müller-Breslau, Berlin,
Exzellenz Mauve, Präsident der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt.

Meine Herren! Die Amtsdauer dieser Herren mußten wir natürlich entsprechend einrichten, damit diese Herren nicht alle im Jahre 1921 austreten. Es ist gestern im Ausschuß gelost worden, daß Herr Geheimrat Müller-Breslau und Exzellenz Mauve bis 1919, die Herren Gradenwitz und Professor Klingenberg bis 1920 und die Herren Major Wagenführ und Geheimrat Capelle bis 1921 gewählt sind.

Wir bitten zunächst um Ihr Einverständnis, daß wir die ausscheidenden Herren wiederwählen und um Ihre Genehmigung zur Neuwahl der eben genannten sechs

Herren für die betreffende Zeitperiode, wie ich sie eben erwähnt habe. — Widerspruch erhebt sich nicht. Ich stelle fest, daß das angenommen ist.

Dann haben wir als Vertreter der Behörden im Anschluß an die besonders hinzu gewählten Herren auf das Freundlichste zu begrüßen:

Kapitän zur See Kranzbühler, Marineflugchef,
Fregattenkapitän Strasser (Führer des Marine-Luftschiffamts Ahlborn),
Dr. Steffens, Chef des Marine-Luftfahr-Wetterdienstes,
Marinebaumeister Engberding als technischer Dezernent der Marine-Luftfahr-Abteilung,
Marinebaumeister Dröseler als Vertreter des Flugzeugbaus,
Geheimer Oberbaurat Dr.-Ing. Reitz als Nachfolger unseres leider zu früh verloren gegangenen Herrn Geheimrat Veith.

Das Reichsamt des Innern ist vertreten gewesen durch Herrn Geheimrat Albert. Herr Geheimrat Albert hat sein Dezernat gewechselt. Ich hatte ihn gefragt, wer sein Nachfolger sei und ihn gebeten, ihn zu nennen. Herr Geheimrat Albert schrieb mir, daß es damals noch nicht entschieden sei. Inzwischen habe ich keine weitere Nachricht bekommen. Wir möchten Ihr Einverständnis erbitten, daß wir Herrn Unterstaatssekretär Dr. Lewald bitten, uns einen Herrn zu nennen, der als Vertreter des Reichsamts des Innern in unseren Vorstand eintritt, und daß wir Herrn Geheimen Oberregierungsrat Albert bitten, dem Ausschuß ferner anzugehören. Die Herren sind mit diesen Vorschlägen einverstanden. Die Genehmigung ist erfolgt, und wir werden die betreffenden Arbeiten vornehmen.

Jetzt bin ich am Schluß, und Sie werden froh sein.

Für die nächste Jahresversammlung schlagen wir München als Versammlungsort vor. Die Münchener Herren hatten gestern die Freundlichkeit, uns für die nächste Tagung nach dort einzuladen. Wir können eine solche Einladung nicht ablehnen, einmal wegen der Herzlichkeit, mit der sie uns überbracht ist und zweitens wegen des ungeheuer Vielen, was München bietet, in erster Linie das unter Herrn Reichsrat v. Miller stehende Deutsche Museum. Allen unseren Mitgliedern wird eine Fülle von neuem Stoff gegeben, so daß Sie alle der Einladung wohl zustimmen werden. Wir bitten Herrn Reichsrat v. Miller, unseren besonderen Dank entgegenzunehmen. Da Widerspruch sich nicht erhebt, darf ich in Ihrem Namen feststellen, daß wir die Einladung mit besonderer Liebe und Herzlichkeit behandeln werden.

B. Die wissenschaftlichen Verhandlungen.

Es wurden folgende Vorträge gehalten: Am 17. April vormittags $11^1/_2$ Uhr, im Anschluß an die Geschäftssitzung, unter dem Vorsitz von Herrn Major a. D. Professor Dr.-Ing. von Parseval-Charlottenburg:

1. Hptm. d. R. Prof. Dr.-Ing. Bendemann-Berlin: Die feindlichen Flugwissenschaften im Kriege.

Übersicht der luftfahrt-technischen Fachpresse des feindlichen Auslandes, Organisation, Tätigkeit und Bedeutung der Versuchsanstalten, Vereine, Beiräte und dergl.,

besonders des englischen Advisory-Committee for Aeronautics und des amerikanischen National Advisory-Committee, soweit die Fachpresse Einblick gibt. Die wesentlichsten Punkte des wissenschaftlichen und technischen Fortschrittes des Auslandes während des Krieges werden auf Grund der eigenen Darstellung des Auslandes kurz beleuchtet. Besprechung durch die Herren Goldschmidt, Vorreiter, von Parseval.

Am 17. April nachmittags 3 bis 7 Uhr:

2. Hptm. d. L. Prof. Dr. Ahlborn-Hamburg: Über den Segelflug.

Mitteilung von neuen eigenen Beobachtungen, besonders über den Flug von Raubvögeln, mit zahlreichen Lichtbildern. Theoretischer Erklärungsversuch des Zweckes des Kreisens beim Segelflug. Besprechung durch die Herren Geheimrat Prof. Dr. Hergesell, Prof. Prandtl, Gustav Lilienthal, Vorreiter.

3. Prof. Dr. L. Prandtl-Göttingen: Tragflächenauftrieb und -Widerstand in der Theorie.

Zusammenfassender Bericht über die Ergebnisse einer hydrodynamischen Tragflächentheorie, durch welche der Zusammenhang zwischen Auftrieb, Widerstand und Anstellwinkel bei Eindeckern verschiedenen Seitenverhältnisses und bei beliebigen Mehrdeckern aufgeklärt wird und Berechnungsformeln geliefert werden. Besprechung durch die Herren Prof. Reissner und Vorreiter.

4. Oblt. d. R. Dr.-Ing. Hoff-Cöpenick: Die Entwicklung deutscher Flugzeuge im Kriege.

Schilderung der Organisation innerhalb der Fliegertruppe zur Schaffung neuer Typen. Kurze Kennzeichnung der gebauten Gattungen. Einfluß des Motorenbaues auf den Bau der Flugzeuge. Mitteilungen über das Prüf- und Abnahmeverfahren der Flugzeuge, über die technischen Einrichtungen und wissenschaftlichen Abteilungen bei der Flugzeugmeisterei. Angabe der in bezug auf Geschwindigkeit und Steigfähigkeit erreichten Höchstleistungen. Überblick über die namhaftesten, während des Krieges gebauten kleineren und mittleren Flugzeugtypen. Hinweise auf die Ausrüstung derselben, insbesondere auf deren Bewaffnung. Angabe der an der Front verwendeten Anzahl der Flugzeuge. (Lt. militärischer Anordnung ohne Besprechung).

Am 18. April vormittags 9 bis $1^1/_2$ Uhr, unter dem Vorsitz von Professor Dr. L. Prandtl-Göttingen:

5. Lt. Clössner-Berlin: Die Neuordnung des Wetterdienstes nach dem Kriege im Heere.

(Ohne Besprechung.)

6. Prof. Dr. Steffens-Berlin: Die Neuordnung des Wetterdienstes nach dem Kriege in der Marine.

(Ohne Besprechung.)

7. Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Süring-Potsdam: Die wissenschaftlichen Aufgaben der meteorologischen Forschung nach dem Kriege.

U. a. Hervorhebung der Bedeutung eines vertieften Studiums der Strömungsvorgänge der oberen und der alleruntersten Luftschichten für das Verständnis des gesamten Luftaustausches, Einfluß der Substratosphäre auf das Wetter, Studium der „Aktionszentren der Atmosphäre“ auf Grund internationaler Vereinbarungen, stärkere Berücksichtigung praktischer Bedürfnisse bei klimatologischen Forschungen, engere Verknüpfung der zentralen Forschungsstellen mit den Wetterdienststellen.

8. Dr. Georgi-Rüstringen Oldbg.: Mitteilungen über Fortschritte an meteorologischen Beobachtungsinstrumenten.

Nach systematischer Darlegung der wesentlichen konstruktiven Gesichtspunkte werden die modernen Ausführungsformen meteorologischer Ablese- und Registrierinstrumente mit besonderer Berücksichtigung der für praktichen Wetterdienst und Flugwesen

wichtigen Gruppen von Windmeßinstrumenten an Hand zahlreicher Abbildungen und Wiedergabe typischer Registrierungen beschrieben.

In einer Pause Besichtigung von im Saale aufgestellten meteorologischen Instrumenten mit teilweiser Vorführung im Betrieb und mündlichen Erläuterungen.

9. Dipl.-Ing. Schwager-Charlottenburg: Neuere Bestrebungen und Erfahrungen im Flugmotorenbau.

Übersicht über die Entwicklung der Flugmotoren in Deutschland und feindlichen Ländern. Kennzeichnung der Entwicklungsrichtung durch die Worte „Leichtgewicht und Anpassung des Flugmotors an seine Betriebsbedingungen". Schnellaufmotoren, Höhenvergaser, überverdichtende und überbemessene Motoren, Motoren mit Vorverdichtern. Versuchs- und Betriebserfahrungen. Luftschrauben mit veränderlicher Steigung. (Ungefähr 60 Lichtbilder.) Auf militärische Anordnung konnte eine Besprechung nicht stattfinden.

Hierauf im großen Saale:

10. Hptm. Drechsel-Karlshorst: Vorführung von unveröffentlichten Filmen mit Erläuterungen des Inspekteurs des Lichtbildwesens.

In der Sitzung des Gesamtvorstandes am 15. Juli 1919 in Berlin wurde beschlossen, von der früher üblichen Wiedergabe einer Veröffentlichung der Vorträge und Diskussionen im Jahrbuch diesmal Abstand zu nehmen. Durch den Ausbruch der Revolution war unvermeidlich eine große Verzögerung im Erscheinen des Jahrbuches entstanden. Inzwischen waren viele der Vorträge durch die weitere Entwicklung überholt, einige bereits in anderen Zeitschriften erschienen[1]) oder ihr Stoff für das in Vorbereitung befindliche Buchwerk der Flugzeugmeisterei in Aussicht genommen. Es wurde daher, das Einverständnis der Herren Vortragenden vorausgesetzt, beschlossen, nur mit dem Vortrag von Herrn Professor Prandtl eine Ausnahme zu machen und ihn unverkürzt im Jahrbuch aufzunehmen, da er durch die in ihm erstmalig mitgeteilten wissenschaftlichen Ergebnisse von bleibender Bedeutung ist.

---

[1]) Lt. Clössner, „Über den Heereswetterdienst" in der „Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt", Heft 13/14, Jahrgang 1918 Seite 74.

Dipl.-Ing. Schwager, „Neuere Bestrebungen und Erfahrungen im Flugmotorenbau" in den Technischen Berichten der Flugzeugmeisterei (TB. Band III Heft 5).

Tragflächen-Auftrieb und -Widerstand in der Theorie.

Vorgetragen am 18. April 1918
gelegentlich der IV. Ordentl. Mitgliederversammlung der W. G. L. zu Hamburg
von

L. Prandtl in Göttingen.

Vorbemerkung. Die Veröffentlichung des im Nachfolgenden abgedruckten Vortrags ist im Kriege aus Zensurgründen unterblieben. Bei der Vorbereitung für den Druck, rund $1^1/_2$ Jahre nach der Abfassung des Wortlauts, schien es daher erwünscht, durch geeignete Ergänzungen den Inhalt bis auf den gegenwärtigen Stand zu vervollständigen. Diese Ergänzungen sind teils in Fußnoten beigefügt, teils in einen Anhang aufgenommen worden, der im übrigen den Zweck hat, durch Mitteilung einiger Beweise das Verständnis des Vorgetragenen zu erleichtern. An dem Wortlaut der Handschrift[1]) ist im übrigen kaum etwas geändert worden, abgesehen von einigen stilistischen Verbesserungen und einigen kleineren Zufügungen, die den Inhalt der nach dem Vortrage stattgefundenen Aussprache verarbeiten. Diejenigen Bemerkungen, die über den Stand der Dinge zur Zeit der Abhaltung des Vortrages hinausführen, sind durch den Vermerk „(1919)" gekennzeichnet. — Die 1918 gesprochene Einleitung konnte als hier entbehrlich fortbleiben.

Seit der Abhaltung des Vortrages sind einige Abhandlungen erschienen, die auf das gleiche Gebiet Bezug haben. Zu erwähnen ist hier als theoretische Zusammenfassung des Gesamtgebiets (für mathematisch und hydrodynamisch vorgebildete Leser) meine in den „Nachrichten der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen" erschienene „Tragflügeltheorie" (I. Mitteilung 1918 S. 451, II. Mitteilung 1919 S. 107), als praktische Anweisung für den Flugzeugingenieur mein Aufsatz „Der induzierte Widerstand von Mehrdeckern" in den „Techn. Berichten der Flugzeugmeisterei", Bd. III, Heft 7, S. 309. Weiter erwähne ich die gemeinverständliche „Einführung in die Theorie der Flugzeugtragflügel" von A. Betz in den „Naturwissenschaften" 1918, Heft 38 und 39, ferner die Munksche Dissertation „Isoperimetrische Probleme aus der Theorie des Fluges" (Göttingen 1918/19) und die Betzsche Abhandlung über „Schraubenpropeller mit geringstem Energieverlust", „Gött. Nachr." 1919, S. 193 (beides nur für mathematisch geschulte Leser).[2])

Schließlich sei noch auf die demnächst im Auszug in der „Zeitschrift für Flugtechn. u. Motorl." erscheinende Betzsche Dissertation „Beiträge zur Tragflügeltheorie, mit besonderer Berücksichtigung des einfachen rechteckigen Flügels" hingewiesen.

---

[1]) Beim mündlichen Vortrag war es mit Rücksicht auf die zur Verfügung stehende Zeit notwendig gewesen, verschiedene Kürzungen vorzunehmen.

[2]) Die sämtlichen vorgenannten Abhandlungen können gegen Nachnahme der Selbstkosten von der Modellversuchsanstalt für Aerodynamik in Göttingen bezogen werden.

Wortlaut des Vortrages:

Meine Herren! . . . .

Im folgenden will ich Ihnen zusammenfassend, in der Hauptsache ohne Beweise[1]) und ohne allzusehr auf Einzelheiten einzugehen, berichten, was sich auf Grund einer in den letzten Jahren in Göttingen in Zusammenarbeit mit einigen Mitarbeitern entstandenen Theorie über den Tragflächenauftrieb und Tragflächenwiderstand aussagen läßt, und in welcher Weise aus den Ergebnissen dieser Theorie Nutzen für die Praxis des Flugzeugbaues gewonnen werden kann.

Einführung.

Zur Einführung in den Ideenkreis muß ich zunächst auf Dinge zurückgreifen, die dem Fachmann seit längerer Zeit bekannt sind.

1. Tragflächenauftrieb kommt in der Weise zustande, daß unter der in der Luft vorwärts bewegten Fläche Überdruck, oberhalb Unterdruck geschaffen wird. Nach den Gesetzen, die den Zusammenhang der Strömungsgeschwindigkeit mit dem Druck regeln, entspricht bei stationärer Strömung den größeren Geschwindigkeiten ein verminderter Druck, und umgekehrt; es muß also, damit Auftrieb entsteht, die Geschwindigkeit, mit der die Luft an der Tragfläche vorbeiströmt, unter dieser vermindert, über ihr vermehrt werden. Eine solche Strömung wird aus der in der klassischen Hydrodynamik gewöhnlich betrachteten einfachen „Potentialströmung" erhalten, indem man ihr eine um die Tragfläche umlaufende Strömung überlagert, deren Geschwindigkeiten unter der Fläche nach vorn, über ihr nach hinten gerichtet sind (vgl. Abb. 1—3). Als Maß für die Stärke der Umlaufsbewegung dient dabei die sogenannte „Zirkulation", das Wegintegral der Geschwindigkeit $\int v \cdot ds \cdot \cos(v, ds)$, genommen über eine geschlossene, die Tragfläche umschlingende Linie. Die Theorie lehrt, daß dieses Integral bei Abwesenheit von „Wirbeln" von der Wahl der „Leitlinie", längs deren es genommen wird, unabhängig ist[2]).

Es ist wichtig, zu wissen, daß in einer Flüssigkeit mit verschwindender Reibung Zirkulation von selbst, d. h. ohne Einwirkung von Körpern, die die Strömung zerschneiden, nicht entstehen kann. Nach einem bekannten Satze ist die Zirkulation längs einer geschlossenen, immer durch dieselben Flüssigkeitsteilchen gezogenen Linie bei Abwesenheit von Reibung unveränderlich, bleibt also Null, wenn sie Null war. Wenn sie entsteht, so kann dies nur auf die Weise geschehen, daß durch eine vom Körper ausgehende Wirkung zwei entgegengesetzt gleiche Umlaufbewegungen erzeugt werden, von denen die eine den Körper umkreist,

[1]) (1919.) Einige für das Verständnis wichtige Beweise sind in einem „Anhang" beigefügt.

[2]) Vereinfachte Definition: Zirkulation = mittlere Geschwindigkeit der Umlaufsbewegung auf einer Stromlinie dieser Bewegung, multipliziert mit der Länge der Stromlinie.

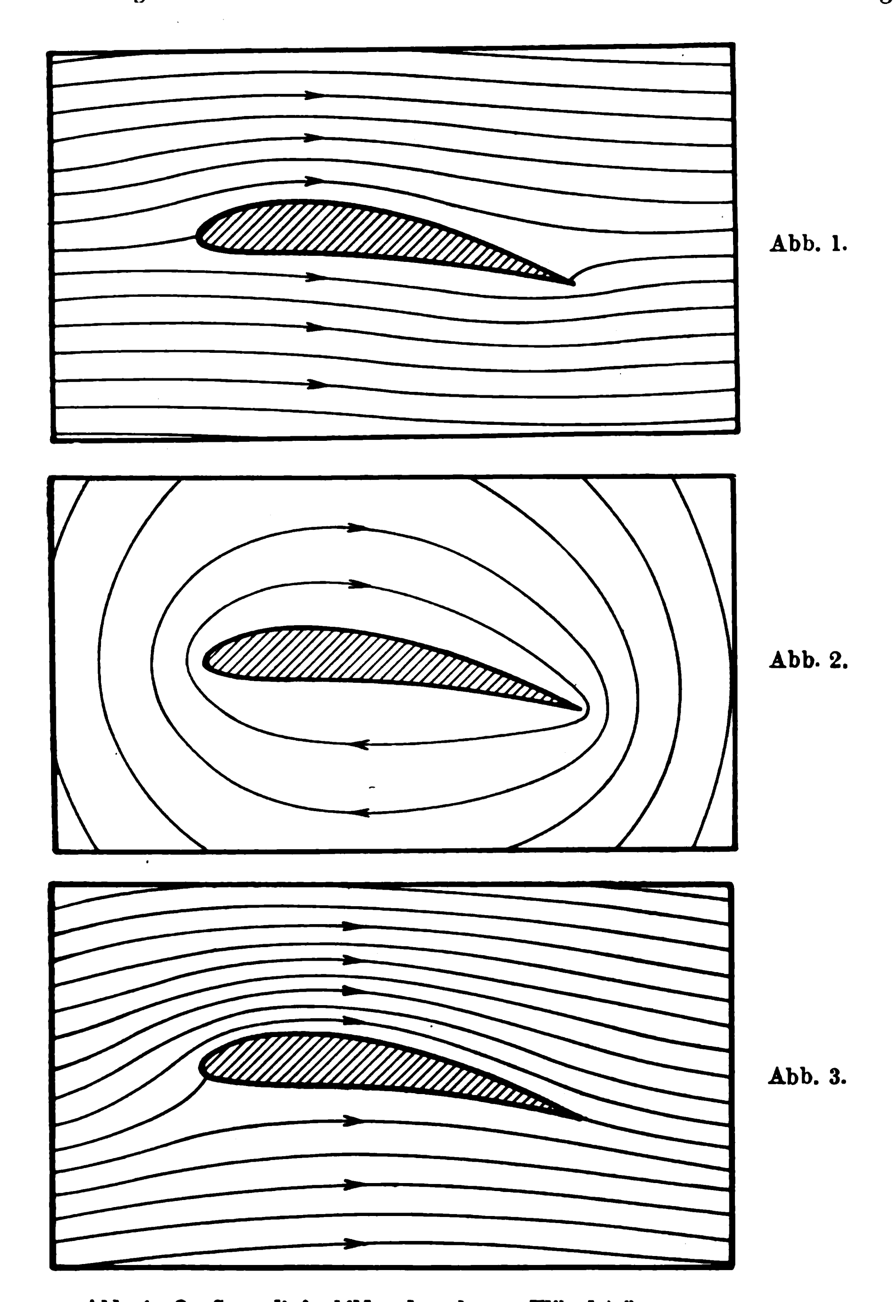


Abb. 1—3. Stromlinienbilder der ebenen Flügelströmung.

Abb. 1. Potentialströmung ohne Zirkulation. Diese tritt im ersten Moment des Bewegungsbeginns wirklich auf, wird aber sofort durch einen sich an der Hinterkante bildenden Wirbel abgeändert.

Abb. 2. Zirkulationsströmung. Diese überlagert sich bei der stationären Flügelströmung der Strömung nach Abb. 1, d. h. ihr Stıömungspotential addiert sich zu dem dieser Strömung und die Geschwindigkeiten setzen sich an jeder Stelle nach dem Parallelogramm zusammen. Für sich allein kommt sie praktisch nicht vor.

Abb. 3. Potentialbewegung mit Zirkulation. Stationäre ebene Flügelströmung in der idealen Flüssigkeit, Ergebnis der Überlagerung.

während die andere als „Wirbel" in der an den Körper grenzenden freien Flüssigkeit auftritt und in der Folge von der Strömung fortgeführt wird (vgl. Abb. 4).

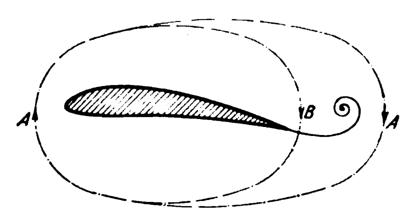


Abb. 4. Flügel mit dem „Anfahrwirbel" kurze Zeit nach dem Bewegungsbeginn. Die Zirkulation längs der Linie A—A ist Null, die Zirkulation längs der Linie A—B dagegen von Null verschieden, nämlich entgegengesetzt gleich der Summe der Wirbelstärken des bei der Anfahrt entstandenen Wirbels.

Der Auftrieb ist proportional dem Produkt aus der Intensität der Vorwärtsbewegung und der der Umlaufsbewegung, also proportional $V \cdot \Gamma$, wo V die Geschwindigkeit der fortschreitenden Bewegung und Γ der Betrag der Zirkulation ist; jede Teilbewegung für sich allein ergibt also noch keinen Auftrieb, sondern erst ihr Zusammenwirken, wie auch schon aus der eingangs erwähnten Überlegung folgt.

2. Ebenes Problem. Man besitzt seit einiger Zeit strenge Lösungen der Bewegungsgleichungen für eine reibungslose Flüssigkeit mit Zirkulation. Diese Strömungen sind wirbelfrei. Die erste dieser Lösungen, Umströmung einer kreisbogenförmig gekrümmten Platte, wurde von Kutta 1902 gegeben; von Joukowski (1910) stammt eine sehr verwendbare Lösung für ein schön geschwungenes, vorne abgerundetes, hinten scharfes Flügelprofil, bei dem noch die Wölbung und die Dicke beliebig gewählt werden können (vgl. Abb. 5)[1]).

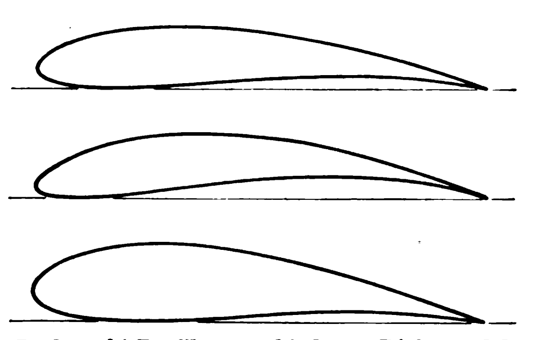


Abb. 5. Joukowski-Profile verschiedener Dicke und Wölbung.

Man kann für diese Flügelprofile die Verteilung der Geschwindigkeit und des Druckes an der Oberfläche, wie auch in der ganzen Umgebung des Flügels berechnen, allerdings unter der sehr wichtigen Einschränkung, daß es sich um eine ebene Strömung handelt, d. h. um eine Strömung, wie man sie bekommen würde,

[1]) (1919.) Durch mehrere neuere Arbeiten, von denen die von v. Kármán und Trefftz in der Zeitschr. f. Flugt. u. M. 1918, S. 111, besonders erwähnt sei, sind weitere den praktisch verwendeten Flügelprofilen noch genauer angepaßte Profile der Berechnung zugänglich gemacht worden.

wenn der Flügel nach den Seiten hin sehr große Ausdehnung — streng genommen unendliche Ausdehnung — hätte, denn nur in diesem Fall werden in jedem Querschnitt die gleichen Vorgänge angetroffen, und es verlaufen dann alle Bahnen von Flüssigkeitsteilchen in Ebenen senkrecht zur Längserstreckung der Tragfläche.

Die Stärke der Umlaufbewegung bestimmt sich aus der Bedingung, daß an der Hinterkante des Flügels glattes Abströmen der Flüssigkeit erfolgt. Beim Bewegungsbeginn findet eine heftige Umströmung der Hinterkante statt, die zur Ausbildung von Wirbeln Anlaß gibt[1]). Es werden nun solange Wirbel gebildet und nach hinten weggeführt, bis zu der ursprünglich ohne Zirkulation einsetzenden Bewegung eine Umlaufsbewegung von dem erforderlichen Betrage hinzugekommen ist. Die Kutta-Strömung ist fertig, wenn sich die anfänglich gebildeten Wirbel ins Unendliche entfernt haben.

Die Zirkulation wächst mit dem Anstellwinkel und ist bei gleichem Anstellwinkel proportional der Geschwindigkeit, so daß also der Auftrieb, der nach früherem proportional $V \cdot \Gamma$ war, bei gleichem Anstellwinkel proportional dem Quadrat der Geschwindigkeit ist.

Der Auftrieb ist nach einer Formel von Joukowski allgemein gegeben durch $A = \varrho V \Gamma l$ (ϱ Dichte, l Länge der Tragfläche). Die resultierende Kraft ist in allen Fällen genau senkrecht zur Strömungsrichtung, ein Widerstand also nicht vorhanden.

Beim Versuch kann man den Zustand der ebenen Strömung dadurch verwirklichen, daß man einen Flügel von konstantem Profil zwischen parallele ebene Wände bringt, so daß er dicht an diese anschließt, und daß man ihn so anbläst. Die Übereinstimmung der auf diese Weise erhaltenen Messungsergebnisse, z. B. der Druckverteilung, mit der Theorie ist überraschend gut, obwohl doch die Theorie mit der hypothetischen reibungslosen Flüssigkeit arbeitet, während die Luft eine wenn auch kleine, so doch endliche Reibung besitzt. Die in Wirklichkeit vorhandenen Abweichungen lassen sich durch die Reibung der Luft vollständig erklären. Durch die Reibung und eine mit ihr in Zusammenhang stehende Wirbelbildung entsteht vor allem eine schmale Schicht verminderter Geschwindigkeit an der Oberseite des Flügels, wodurch die genaueren Umstände des Abströmens von der Hinterkante etwas geändert werden und damit die Zirkulation vermindert wird. Die Abweichungen der Versuchsergebnisse von der Theorie hängen hauptsächlich hiermit zusammen, abgesehen von dem Hinzukommen eines Reibungswiderstandes. Berichtigt man die Zirkulation nach dem an der Wage gemessenen Auftrieb, so fällt die so ermittelte Druckverteilung mit der gemessenen fast völlig zusammen (vgl. Betz, Mitteilung 22 der Modell-Versuchsanstalt, Z. f. Flugt. u. Motorl. 1915, S. 173. Diesem Aufsatz sind Abb. 6—8, Seite 42, entnommen).

Sehr wertvolle Ergebnisse zeitigte auch die Kuttasche Theorie des unendlich breiten Doppeldeckers und Tandems (1911), die, neben vielen anderen nur zum Teil hier erwähnten Dingen in dem verdienstvollen Grammelschen

[1]) Vgl. Abb. 1 und 4.

Abb. 6—8. „Versuche von Betz über die ebene Flügelströmung.

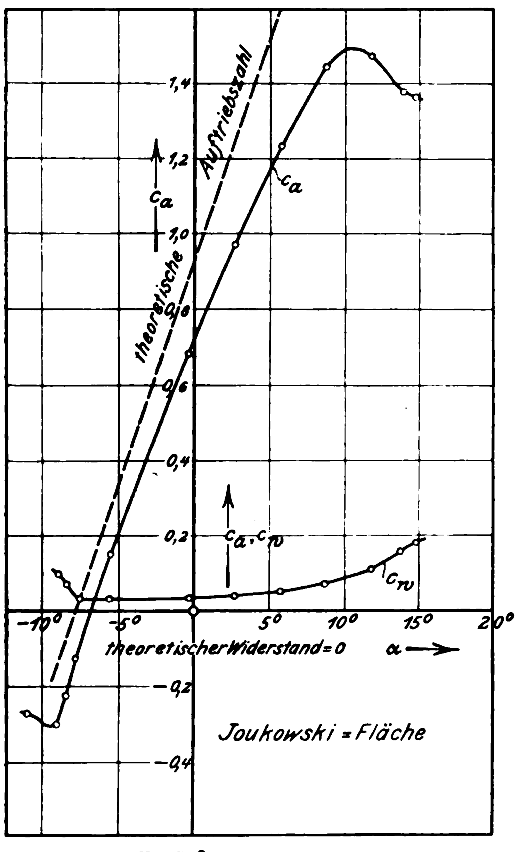


Abb. 6. Auftrieb und Widerstand abhängig vom Anstellwinkel. Theoret. Auftrieb = gestrichelte Linie, theoret. Widerstand = 0. Die gemessenen Werte (ausgezogene Kurven), bleiben in dem Gebiet, in dem die Strömung so, wie die Theorie es voraussetzt, am Flügel anliegt, in der Nähe der theoretischen. Die Auftriebe bleiben gegen die theoretischen etwas zurück, weil die Zirkulation in Wirklichkeit durch die Wirkung der von der Reibung zurückgehaltenen Oberflächenschicht etwas kleiner ausfällt. Der Widerstand besteht in der Hauptsache aus der Luftreibung.

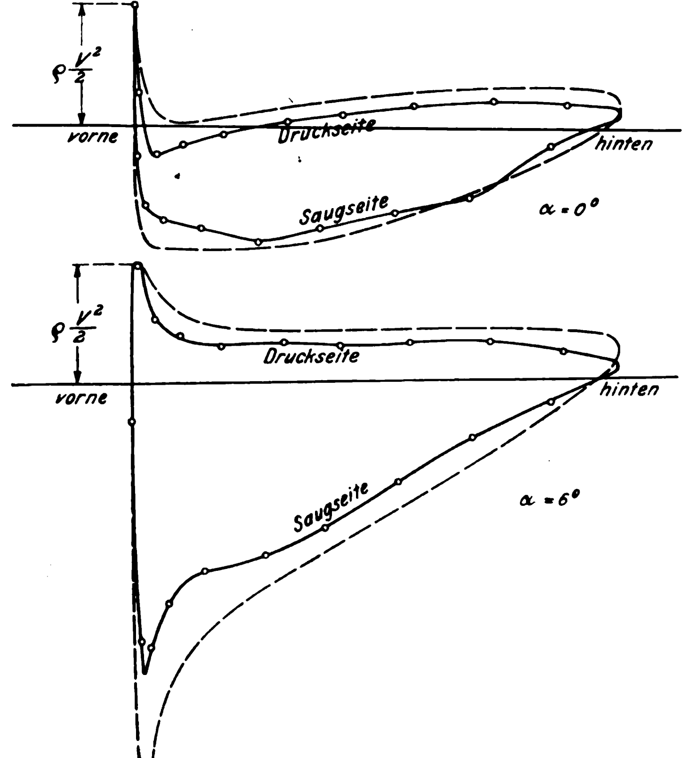


Abb. 7 und 8. Zwei gemessene Druckverteilungen (ausgezogen) im Vergleich mit den theoretisch berechneten (gestrichelt). Die Abweichungen rühren hauptsächlich von der in Wirklichkeit geringeren Zirkulation (s. o.) her.

Buch „Hydrodynamische Grundlagen des Fluges" (Vieweg 1917) nachgelesen werden kann.

3. So befriedigend diese Theorie für die Anwendung auf eine wirklich ebene Strömung ist, so wenig konnte man mit ihr in der Anwendung auf freie Tragflächen zufrieden sein. Bei diesen zeigte sich das Seitenverhältnis des Flächenumrisses von größerem Einfluß, als man zunächst erwarten konnte. Die Abweichung gegen die Theorie war selbst bei sehr länglichen Flächen, z. B. bei einem Seitenverhältnis 1:8 noch recht bedeutend. Es wurden auch, bevor die theoretische Lösung für die freie Tragfläche gefunden war, vielfach ernste Bedenken gegen die ganze Theorie geltend gemacht. Einerseits war unklar, wie bei einer freien, d. h. nicht zwischen Wände eingeschlossenen Tragfläche eine Zirkulation um diesen mit den hydrodynamischen Gesetzen verträglich war, andererseits wurde eingewandt[1]), daß die Umlaufbewegung, deren Geschwindigkeiten in größerem Abstand von der Tragfläche nur sehr langsam, nämlich mit der umgekehrten ersten Potenz der Entfernung abnehmen, vor dem Flügel eine aufsteigende Strömung ergäbe, die in jeder Vertikalebene, auch beliebig weit vor der Fläche, den halben Auftrieb als Impuls in sich trage (die andere Hälfte des Auftriebes findet sich in der Abwärtsströmung hinter der Tragfläche wieder). Es müßte also, so lautet der Einwand, schon beliebig weit vor einem Flugzeug die Luft darauf vorbereitet sein, daß der Auftrieb hervorgebracht werden kann, was ein Unding schien. Diese Schwierigkeit läßt sich indes schon beim ebenen Problem beseitigen, indem man unter der Tragfläche in einer im übrigen beliebigen Entfernung einen Boden annimmt. Die Verwirklichung des Bodens gelingt in der Theorie durch Anwendung eines bekannten Kunstgriffes: man nimmt zu der in einer allseitig unendlich ausgedehnten Flüssigkeit befindlichen Tragfläche ihr Spiegelbild hinzu — der Boden als Spiegel betrachtet — und erhält jetzt aus Symmetriegründen auf dem Boden nur wagerechte Geschwindigkeiten. Die Flüssigkeit kann also hier ohne Störung der bestehenden Strömung durch eine feste Wand begrenzt werden. Untersucht man die so gewonnene Strömung näher, so zeigt sich, daß der Einfluß der Tragfläche in Entfernungen, die groß sind gegenüber der Höhe über dem Boden, mit dem umgekehrten Quadrat der Entfernung abnimmt. Der fragliche Impuls verschwindet entsprechend in diesen Entfernungen, und es zeigt sich statt dessen eine Druckanschwellung am Boden, deren Resultante gerade den Auftrieb liefert. Der Druck ist ein Maximum senkrecht unter der Tragfläche und wird geregelt durch die Formel: $p = \frac{A h}{\pi (h^2 + x^2) l}$, wo h die Höhe des Flügels über dem Boden, x die wagerechte Entfernung vom Fußpunkt des Lotes und l die Länge der Tragfläche ist, auf die der Auftrieb A entfällt.[2])

[1]) Mündliche Mitteilung von Herrn Professor Dr. v. Parseval 1911.

[2]) Die Formel hat zur Voraussetzung, daß die Tragfläche so weit vom Boden entfernt ist, daß es ausreicht, statt der Zirkulationsströmung um die Fläche die um einen einfachen Wirbelfaden zu setzen; weiter ist noch angenommen, daß die wagrechte Strömungsgeschwindigkeit v klein ist gegen die Fluggeschwindigkeit V; unter dieser Voraussetzung liefert die Bernoullische Druckgleichung die Näherungsformel $p = \varrho V v$, die der obigen Formel zugrunde liegt (vgl. auch Anhang 1).

Theorie der endlichen Tragfläche.

4. Für die freie Tragfläche von endlicher Länge wurde die Lösung auf dem folgenden Wege gefunden:

Ein Satz aus der Geometrie der Wirbelbewegung sagt aus: „Die Zirkulation kann sich bei Verschiebung der Leitlinie nur ändern, wenn diese dabei Wirbel schneidet. Die Änderung der Zirkulation ist gleich der Summe der geschnittenen Wirbelstärken."

Dieser Satz erinnert sehr an gewisse Beziehungen aus der Lehre vom Elektromagnetismus (man spricht dort von geschnittenen Kraftlinien). Bei der Anwendung des Satzes auf unseren Fall ist zunächst festzustellen, daß in der Mitte der Tragfläche sicher Zirkulation vorhanden sein muß, denn ohne sie gibt es keinen Auftrieb. Außen neben der Fläche aber besteht sicher keine Zirkulation, da dort kein störendes, die Strömung zerschneidendes Objekt vorhanden ist. Also müssen notwendig an den Flügelenden Wirbel ansetzen von einem Gesamtbetrag der Wirbelstärke an jedem Ende gleich der Zirkulation in der Mitte [1]). Die Wirbel sind nach dem

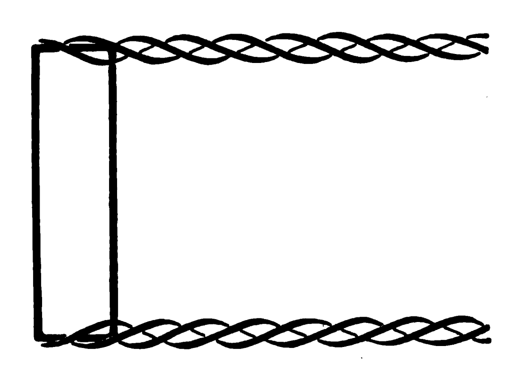


Abb. 9.
Tragfläche mit „Wirbelzöpfen", von oben gesehen.

Helmholtzschen Satze an die Flüssigkeitsteilchen gebunden und werden daher von der Strömung im wesentlichen geradlinig nach hinten weiter getragen. Hinter der Tragfläche entsteht so ein seitlich von zwei angenähert geraden Wirbeln begrenzter Streifen, in dem die Luft, wie wir gleich bemerken wollen, in absteigender Bewegung begriffen ist. Abb. 9 gibt eine grobe Veranschaulichung dieser Wirbel.

Die Umlaufsbewegung um den Flügel selbst läßt sich — mit Ausnahme der unmittelbaren Nachbarschaft der Tragfläche — ebenfalls angenähert durch einen in der Längserstreckung der Tragfläche liegenden Wirbelfaden darstellen; man erhält deshalb in erster Annäherung ein Wirbelgebilde von der in Abb. 10 angegebenen Gestalt als Ersatz für die bewegte Tragfläche.

Für die Verteilung der Geschwindigkeit in der Umgebung irgendeines Wirbelgebildes besteht eine vollkommene Analogie mit dem Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters (Die Pfeile in der Abb. 10 geben die Richtung des elektrischen Stromes an, der das Magnetfeld hervorruft, das unserem Felde der Störungs-

[1]) Diese Überlegung ist zuerst von Lanchester ausgeführt worden: Aerial flight, Bd. I, § 125—127, doch fehlen bei ihm die nachfolgenden Schlüsse, die erst eine quantitative Auswertung geliefert haben.

geschwindigkeiten entspricht). Es läßt sich daher mittels der aus der Lehre vom Elektromagnetismus bekannten Rechenregeln die Geschwindigkeitsverteilung und aus dieser dann auch die Druckverteilung für jedes derartige Wirbelgebilde ermitteln.

5. Das eben beschriebene noch sehr rohe Bild leistet schon recht viel. Es versagt natürlich in der allernächsten Nachbarschaft der Tragfläche, jedoch ist bereits die Beeinflussung der einen Tragfläche eines Doppeldeckers durch die Anwesenheit der anderen mit praktisch brauchbarer Genauigkeit auf diese Art berechnet worden. Das Ergebnis dieser Rechnungen sind die Umrechnungsformeln von A. Betz[2]), mittels deren aus Versuchsergebnissen an einem Eindecker für einen Doppeldecker vom gleichen Seitenverhältnis bei beliebiger Höhe und Staffelung die Widerstände, die Anstellwinkel und die zusätzlichen Wölbungen des sonst gleichen Profils ermittelt werden können, wenn die Verteilung des Auftriebes auf die beiden Tragdecken vorgeschrieben ist.

Die von der Tragfläche hervorgerufenen Zusatzgeschwindigkeiten nehmen vor der Tragfläche sowie über und unter ihr und seitlich davon im umgekehrten

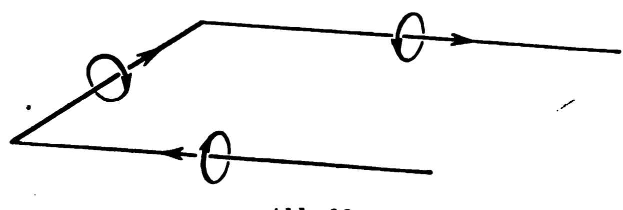


Abb. 10.
Wirbelsystem, das die Tragfläche in ihrer Wirkung auf entfernte Raumstellen ersetzt.

Quadrat der Entfernung ab, hinten dagegen erstreckt sich die Störung mit endicher Stärke auf die ganze durchflogene Luftstraße. Das Wirbelsystem bewegt sich langsam nach abwärts (mit einer Geschwindigkeit $\frac{\Gamma}{2\pi l}$, wo l die Entfernung der Wirbelmitten ist) und breitet sich nach Erreichung des Bodens seitlich aus.

Nicht ohne Interesse ist die Frage, wie das Gewicht des Flugzeuges von der Luft aufgenommen wird. In einem „bodenlosen Luftmeer“ ist für den stationären Flug eine bestimmte Antwort nicht möglich. Das Ergebnis tritt nämlich zunächst in der Form $\infty - \infty$ auf und wird erst bestimmt, wenn gewisse Einschränkungen hinzugefügt werden, so z. B., daß der Flug, der mitten im freien Luftmeer begonnen sein soll, erst eine endliche Zeitspanne hindurch bestehen soll, oder daß in einer im übrigen beliebigen Entfernung ein Boden vorhanden sein soll, wobei dann die Flugzeit nicht eingeschränkt zu werden braucht. Im ersteren Fall findet man den Ausgleich für den Auftrieb in dem Impuls des Wirbelsystems, das durch den Anfahrwirbel nach hinten abgeschlossen ist und in dem als Gegenwirkung des Auftriebes eine absteigende Bewegung herrscht. Im Falle eines Bodens ergibt

[2]) Zeitschr. f. Flugtechn. u. M. 1914, S. 253, ferner Techn. Ber. der Flugzeugmeisterei, Bd. I, Heft 4, S. 103.

sich wieder durch Hinzunahme der „gespiegelten Tragfläche“, daß der Auftrieb als Druck auf den Boden übertragen wird. Das Druckmaximum ist senkrecht unter der Tragfläche und ist $=\frac{A}{2\pi h^2}$, wobei h wieder die Höhe der Tragfläche über dem Boden ist [1]). Die Linien gleichen Druckes sind im einfachsten Fall [2]) konzentrische Kreise, der Druckabfall erfolgt dann nach einer Glockenkurve von dem Gesetz

$$p=\frac{A\cdot h}{2\pi(h^2+r^2)^{3/2}},$$

wo r der Kreisradius ist [3]). Abb. 11 bringt die nach dieser Formel berechnete Druckverteilung zur Anschauung.

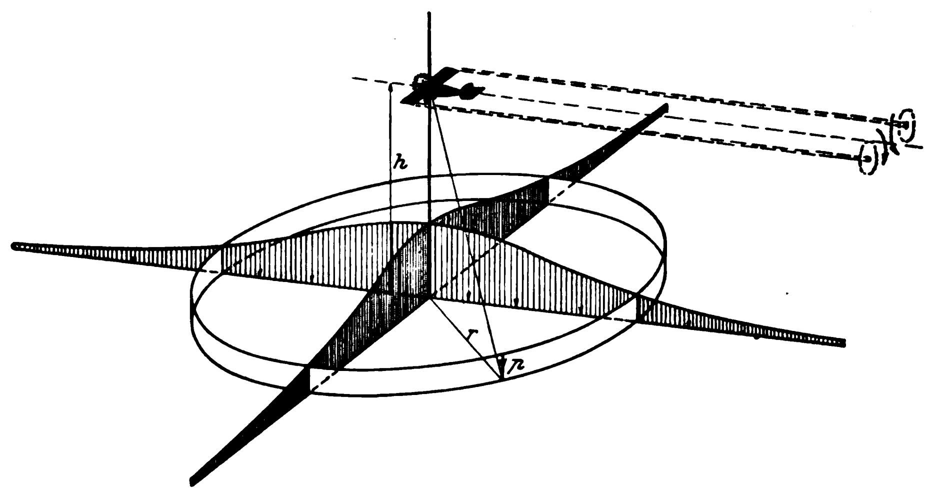


Abb. 11. Druckverteilung am Boden unter einem Flugzeug.

6. Eine Verfeinerung der Betrachtung, die zu einer sehr brauchbaren Eindeckertheorie führt, ergibt sich in folgender Weise: die Dichte des Auftriebes ist nicht auf die ganze Spannweite konstant, sondern sie sinkt im allgemeinen von einem Maximum in der Mitte nach den Flügelspitzen zu bis auf Null ab. Dem entspricht eine von innen nach außen abnehmende Zirkulation, woraus nach dem vorher angeführten Satz gefolgert werden muß, daß überall von der Mitte bis zur Flügelspitze entsprechend dem Betrage der Änderung der Zirkulation Wirbel abgehen müssen (also Wirbelstärke pro Längeneinheit $=\frac{d\Gamma}{dx}$). Nun können nach den hydrodynamischen Gesetzen Wirbel nur in der Flüssigkeitsschicht entstehen,

---

[1]) Diese Druckerhöhungen sind praktisch sehr klein. Für ein R-Flugzeug von 10000 kg Gewicht in 100 m Flughöhe ergibt sich z. B. 0,16 mm WS, was mit empfindlichen Instrumenten eben noch wahrgenommen werden kann.

[2]) Wenn nämlich das Flugzeug auf schwach abwärts geneigter Bahn fliegt, so daß seine Abwärtsgeschwindigkeit mit der des Wirbelpaares übereinstimmt, dieses also jederzeit wagerecht liegt. Weiter ist bei der Ableitung der Formel noch angenommen, daß die Spannweite der Tragfläche klein ist gegenüber der Höhe h.

[3]) Eine Ableitung dieser Formel findet sich in Anhang 1.

die den Körper unmittelbar berührt. Wenn sich, wie im Idealfall angenommen wird, die Strömung oberhalb und unterhalb des Flügels an der Hinterkante wieder völlig zusammenschließt, so folgt hieraus, daß die Wirbel in einem von der Hinterkante abfließenden flächenhaften Bande enthalten sein müssen. Man kann dieses Ergebnis in anderer Weise so darstellen: da der Unterdruck über und der Überdruck unter dem Flügel notwendig nach den Flügelspitzen zu abnimmt, wird oberhalb die Strömung in dem entstehenden Druckgefälle etwas nach der Mitte hin gesaugt, unten dagegen nach außen weggedrückt, und zwar jeweils in dem Maße des Auftriebabfalles. Das erwähnte Wirbelband ist dann die unmittelbare Wirkung des Geschwindigkeitsunterschiedes der seitlichen Bewegung der oberen und unteren Strömung an der Hinterkante der Tragfläche. Das Wirbelband rollt sich von den Rändern beginnend allmählich auf, wie Abb. 12 dies veranschaulicht, und verwandelt sich in großer Entfernung von der Tragfläche allmählich in ein Wirbelpaar mit etwas verwaschenen Wirbelkernen. Will man lediglich die

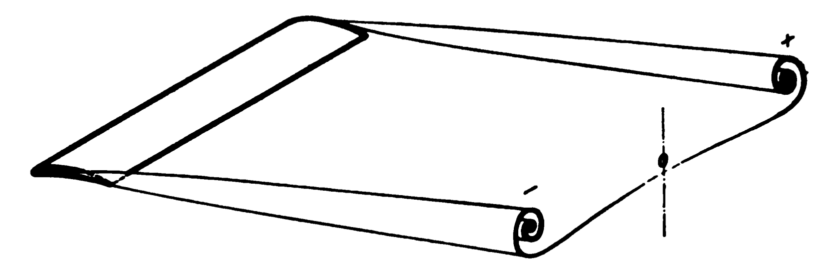


Abb. 12. Tragfläche mit dem von ihr erzeugten Wirbelband.

Rückwirkung des Wirbelbandes auf die Tragfläche selbst studieren, so darf man in erster Annäherung von den Eigenbewegungen des Wirbelbandes, die bei Flügeln der üblichen Seitenverhältnisse nur klein sind, absehen. Man rechnet also so, als ob die gebildeten Wirbelfäden geradlinig nach hinten weiter verlaufen würden. Hiermit ergibt sich eine bereits sehr befriedigende und sehr leistungsfähige Eindeckertheorie. Der grundlegende Gedanke, der auch schon bei den Umrechnungsformeln für den Doppeldecker zur Anwendung kam, ist der: Die Auftriebsverteilung — und deshalb auch das Wirbelsystem — sei gegeben oder irgendwie angenommen. Es wird nur der Anteil des Wirbelsystems näher betrachtet, der zu dem des Ausgangsobjektes der Betrachtung noch hinzukommt — also z. B. bei der Doppeldeckerrechnung das Wirbelsystem der anderen Tragfläche! Die Geschwindigkeiten des zusätzlichen Wirbelsystems werden berechnet und die Strömung ermittelt, die sie zusammen mit der ungestörten Strömung (Geschwindigkeit V) ergeben. Jedes Element des untersuchten Flügels wird nun um soviel verdreht und erforderlichenfalls seine Wölbung so verändert, daß es in der veränderten Strömung ebenso drin steht, wie es vorher in der ungestörten Strömung gestanden hatte. Nach unserer Annahme hat dann der so veränderte Flügel denselben Auftrieb wie das Vergleichsobjekt in seiner Strömung. Die Auftriebskraft wird dabei jedoch mit dem Flügel mit gedreht, wie leicht einzusehen ist.

Bei der Eindeckertheorie ist das Vergleichsobjekt die unendlich lange Tragfläche. Eine genauere Betrachtung zeigt, daß man im Fall einer geradlinigen,

zum Luftstrom senkrechten Tragfläche lediglich das abgehende Wirbelsystem zu betrachten braucht, wenn geringe Wölbungskorrekturen außer acht bleiben dürfen.

Eine Betrachtung des abgehenden Wirbelsystems liefert nun sofort das wichtige Ergebnis, daß von diesem am Ort der Tragfläche ein absteigender Luftstrom hervorgerufen wird. Dieser macht, wenn der Wert des Auftriebs ungeändert bleiben soll, eine Vergrößerung des Anstellwinkels nötig und bewirkt außerdem, da die Luftkraft immer senkrecht zur resultierenden Luftströmung steht und demnach hier nach hinten übergeneigt ist, einen Widerstand! Dieser Widerstand in der reibungslosen Flüssigkeit hat einen Gegenwert in der in dem Wirbelsystem steckengebliebenen Bewegungsenergie. Von der Verteilung der

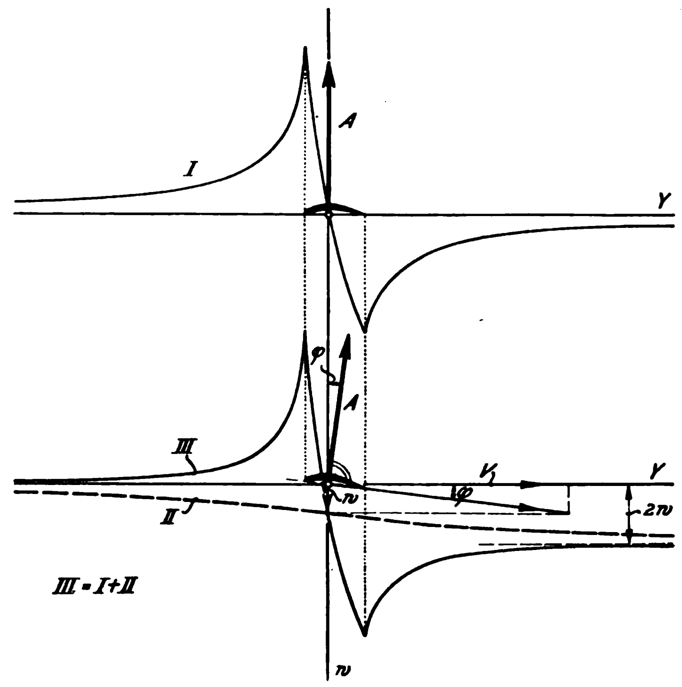


Abb. 13. (1919) Verteilung der lotrechten Geschwindigkeitskomponente auf einer Wagrechten in der Flugrichtung bei der unendlich breiten Tragfläche (I) und in der Mitte einer endlichen Tragfläche (III). Der Unterschied der beiden Beträge (II) ist die hier betrachtete Störungsgeschwindigkeit w.

Vertikalgeschwindigkeiten bei der unendlich langen Fläche und der endlichen Tragfläche gibt die Abb. 13 eine Vorstellung.

7. Für die Berechnung von Beispielen kann man so vorgehen, daß man für die Auftriebsverteilung, also für Γ, irgendein passendes Gesetz annimmt. Dann folgt mit Bildung von $\frac{d\Gamma}{dx}$ das abgehende Wirbelsystem, aus diesem die Geschwindigkeit des absteigenden Luftstromes und hieraus der Widerstand und weiter die Verteilung des Anstellwinkels, die man annehmen muß, um den gegebenen Auftrieb zu erhalten („Erste Aufgabe“)[1]. Von den bisher bekannt gewordenen

[1]) Die zugehörigen Formeln finden sich in Anhang 2.

Lösungen ist von besonderer Wichtigkeit die, bei der der Auftrieb über die Spannweite nach einer halben Ellipse verteilt ist, vgl. Abb. 14. Bei dieser wird die absteigende Geschwindigkeit über die ganze Spannweite konstant und ergibt sich zu

$$w = \frac{2A}{\pi b^2 \varrho v}$$

(b = Spannweite, ϱ = Dichte). Hierdurch entsteht somit ein Widerstand

$$W = \frac{w}{v} A = \frac{2A^2}{\pi b^2 \varrho v^2} = \frac{A^2}{\pi b^2 q}$$

($q = \frac{1}{2} \varrho v^2$ = Staudruck).

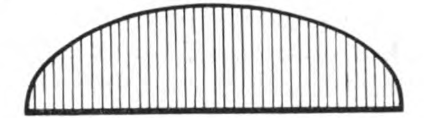


Abb. 14. Elliptische Auftriebsverteilung.

Eine nähere Untersuchung zeigt, daß dieser Widerstand für den Eindecker der kleinste Widerstand ist, der bei vorgegebenen Werten des Auftriebs, der Spannweite und der Geschwindigkeit denkbar ist. In der üblichen Darstellung von Auf-

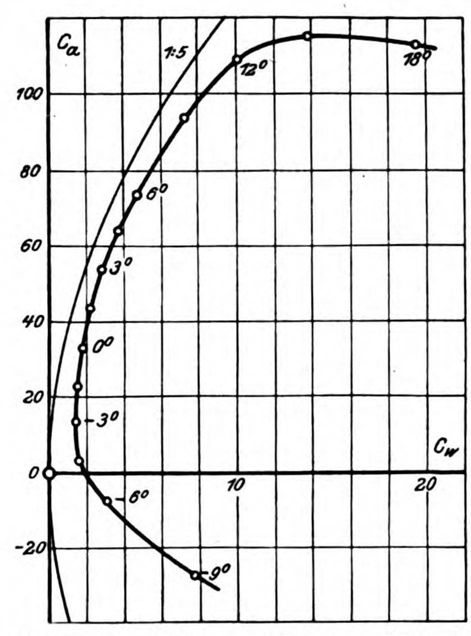


Abb. 15. „Polarkurve" mit eingezeichneter „Widerstands-Parabel".

trieb und Widerstand, in der „Polarkurve", erscheint dieser Widerstand als Parabel, die um so weiter von der A-Achse abbiegt, je kleiner das Seitenverhältnis ist. In Abb. 15 ist diese Parabel zu einer durch den Versuch gewonnenen Polarkurve hinzugezeichnet.

Wir haben nun von dem gemessenen Widerstand von Eindeckermodellen diesen theoretischen Minimalwert abgezogen und dabei das praktisch höchst

wichtige Ergebnis erhalten, daß der Restwiderstand vom Seitenverhältnis so gut wie unabhängig ist. Dies lieferte eine sehr praktische Umrechnung von einem Seitenverhältnis zum andern [1]). Der Restwiderstand besteht aus denjenigen Verlusten, die durch Luftreibung und Wirbelbildung am Profil entstehen. Da er von der besonderen Gestaltung des Profils abhängt, wurde er Profilwiderstand genannt. Bei sehr guten Profilen reduziert er sich praktisch auf den Reibungswiderstand, wie ihn ebene Flächen ohne Auftrieb auch aufweisen. Für den theoretisch abgeleiteten Widerstandsanteil wurde, weil er von der Einwirkung der Flügelränder herrührt, der Name „Randwiderstand“ vorgeschlagen (Betz). Ein anderer Vorschlag, der anschaulich an die Analogie mit dem Magnetfeld des stromdurchflossenen Leiters erinnert, ist „induzierter Widerstand“ (Munk). Bei Mehrdeckern z. B. ist hier zwischen Selbstinduktion (Eindeckerwiderstand) und gegenseitiger Induktion zu unterscheiden, genau wie in der Elektrodynamik bei mehreren benachbarten Stromkreisen.

Der Zusammenhang von Auftrieb und Anstellwinkel wird von den Abweichungen der Zirkulation, von denen schon beim ebenen Problem gesprochen wurde, beeinflußt, außerdem macht sich der hier vernachlässigte Krümmungseinfluß etwas geltend, deshalb stimmen die umgerechneten Anstellwinkel nie so gut, wie die umgerechneten Widerstände. Wegen dieses Umstandes ist es unzweckmäßig, den Anstellwinkel als unabhängige Veränderliche zu benutzen, es ist vielmehr immer besser, vom Auftrieb auszugehen.

Daß das Widerstandsgesetz, das nur für die elliptische Auftriebsverteilung abgeleitet war, praktisch auch für andere Umrisse so gut stimmt, läßt sich dadurch erklären, daß einerseits der Wert einer Größe in der Nähe des Minimums wenig variiert, andererseits die wirklichen Auftriebsverteilungen von der elliptischen nicht allzu sehr verschieden sind.

8. Die Strömung, die die elliptisch belastete Tragfläche hinter sich zurückläßt, wird, sofern man die Formänderung des Wirbelbandes außer Betracht läßt, wegen der konstanten Abwärtsgeschwindigkeit durch eine in der Hydrodynamik sehr bekannte Figur dargestellt: die Strömung um eine wagerechte in der Flugrichtung unendlich lange Platte, die mit der Geschwindigkeit $w_1 = 2\,w$ nach

---

[1]) Die Umrechnungsformeln sind von Betz in TB. I, S. 98, u. f. angegeben worden. Sie bestehen kurz in Folgendem: Es seien die dimensionslosen Größen $c_a = A/q\,F$ und $c_w = W/q\,F$ eingeführt, wo F die Flügelfläche ist. Dann gilt für zwei Tragflächen vom selben Profil, aber verschiedener Spannweite b bei ein und demselben Wert von c_a

$$c_{w1} - c_{w2} = \frac{c_a^2}{\pi}\left(\frac{F_1}{b_1^2} - \frac{F_2}{b_2^2}\right)$$

und

$$\sin(\alpha_1 - \alpha_2) = \frac{c_a}{\pi}\left(\frac{F_1}{b_1^2} - \frac{F_2}{b_2^2}\right).$$

Macht man diese Rechnung für eine Reihe von c_a-Werten, so kann man dadurch aus den Versuchskurven der einen Tragfläche die der anderen herleiten.

(Zusatz 1919.) Die Übereinstimmung der vorstehenden Formeln mit Versuchsergebnissen an rechteckig umrissenen Tragflächen ist bis zu einem Seitenverhältnis 1:2 herunter recht gut, wie unsere Versuche gezeigt haben.

abwärts bewegt wird, vgl. Abb. 16 (über den Faktor 2 wird im Anhang 3 Näheres gesagt werden). Dieser Zusammenhang, der den Weg zu einer Reihe von Verallgemeinerungen gezeigt hat, läßt sich in folgender Weise dem Verständnis näher bringen: statt der schnell über die Luftmassen hinwegstreichenden Druckverteilung der Tragfläche, durch die jeder Teilbezirk der Luft beim Vorübergang der Tragfläche einen kurzen Stoß erhält, sei angenommen, daß dieser Stoß auf der ganzen Bahn der Tragfläche zur gleichen Zeit erfolge. Dies geschieht in der Weise, daß der vorgenannten unendlich langen Platte stoßartig die Geschwindigkeit w_1 erteilt wird. Der Antrieb, der von der Tragfläche auf die Luft ausgeübt, jeweils auf die Längeneinheit in der Flugrichtung kommt, wird dann durch den Stoß-

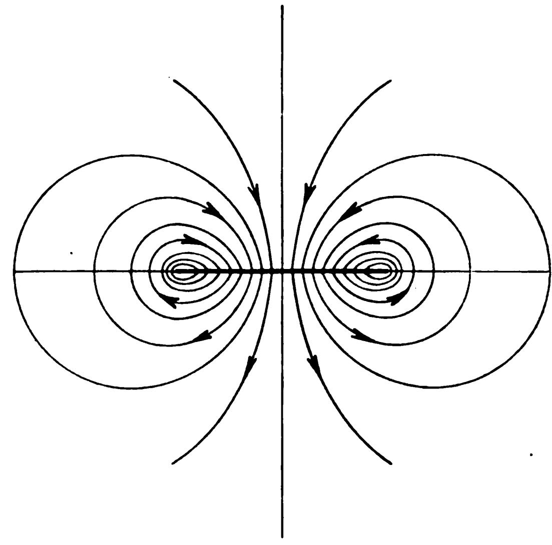


Abb. 16. Ebene Strömung hinter der Tragfläche mit elliptischer Auftriebsverteilung.

druck auf die Längeneinheit der Platte angegeben, der sich durch Integration aus den während des Stoßvorganges auftretenden Druckdifferenzen oberhalb und unterhalb der Platte ergibt [1]).

Diese von meinem Mitarbeiter Herrn Munk entdeckte Betrachtungsweise gibt den Weg für die Lösung der folgenden Aufgabe, die die Umkehrung des bisher behandelten Problems darstellt: für vorgegebene Verteilung der absteigenden Geschwindigkeitskomponente w über die Spannweite die zugehörige Auftriebsverteilung zu finden („zweite Aufgabe"). Wie wir noch sehen werden, ist die einfachste Aufgabe dieser Art, daß nämlich w überall konstant ist, von besonderem technischen Interesse.

Eine dritte Aufgabe, die eigentlich die erste war, die ich mir stellte, die aber wegen ihrer Schwierigkeit immer wieder zurückgestellt werden mußte, ist die folgende:

Es sei eine Tragfläche von bestimmter Form vorgelegt und ihr Anstellwinkel gegeben, es soll die Auftriebsverteilung und der Widerstand berechnet

[1]) Vgl. Anhang 3.

werden. Diese Aufgabe führt auf eine unangenehm zu behandelnde Integralgleichung, die selbst für den Fall, daß es sich um eine Tragfläche von überall konstantem Profil und konstantem Anstellwinkel handelt, bisher noch nicht gelöst werden konnte. Die großen Anstrengungen, die besonders Herr Betz in der letzten Zeit auf sie gewandt hat, lassen erhoffen, daß sie demnächst einer Lösung zugeführt werden kann[1]). Man weiß immerhin schon einiges über diese Lösung, so z. B., daß die Auftriebsverteilung zwischen der Halbellipse und dem Rechteck liegt, und zwar näher an der Halbellipse bei kleinerem Verhältnis von Breite zur Tiefe, näher am Rechteck bei sehr länglichen Flächen. Die Geschwindigkeit w ist größer in der Nähe der Enden, so daß bei sehr länglichen Flächen der Widerstand mehr in der Nähe der Enden angehäuft ist (vgl. Abb. 17).

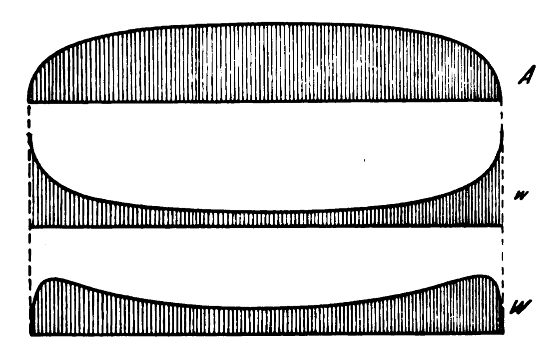


Abb. 17. Verteilung des Auftriebs A, der Vertikalgeschwindigkeit w und des Widerstandes W über die Spannweite bei einer sehr länglichen Tragfläche mit konstantem Profil und Anstellwinkel.

Theorie des Mehrdeckers.

9. Die Behandlung der „ersten Aufgabe“ (Auftriebsverteilung vorgegeben) für den Mehrdecker kann aus der des Eindeckers entwickelt werden, indem man zu dem Einfluß des eigenen Wirbelsystems der einzelnen Tragfläche den des Wirbelsystems der übrigen Tragdecken hinzunimmt. Der einfachste Ansatz, bei dem die benachbarten Wirbelsysteme einfach als aus drei geradlinigen Wirbelfäden bestehend angenommen sind, wurde bereits erwähnt. Man kann statt dessen auch elliptische Auftriebsverteilung annehmen und bekommt durch entsprechende, allerdings umständliche Rechnungen Zahlwerte für die gegenseitige Beeinflussung, die genauer sein dürften, als die der alten Formeln. Da es sich jedoch um elliptische Integrale handelt, muß in der praktischen Anwendung mit Tabellen oder Kurventafeln, bzw. mit Näherungsformeln gearbeitet werden. Die Rechnungen für die verschiedenen praktisch vorkommenden Fälle werden zurzeit in Göttingen gemacht[2]). Eine innerhalb des praktischen Bereiches recht genaue Näherungs-

---

[1]) (1919.) Diese Lösung ist inzwischen von Herrn Betz vollendet worden. Sie wird in der Zeitschr. f. Flugtechn. u. M. auszugsweise veröffentlicht werden.

[2]) (1919.) Die Ergebnisse für ungestaffelte Mehrdecker sind inzwischen veröffentlicht worden. Sie finden sich in meinem Aufsatz „Der induzierte Widerstand von Mehrdeckern“ in TB. III, Heft 7, S. 309.

formel für ungestaffelte gleich breite Tragdecken (Spannweite b, Abstand h, A_1 = Auftrieb von Flügel 1, A_2 = Auftrieb von Flügel 2 lautet:

Einfluß von Flügel 1 auf Flügel 2:

$$W_{12} = \frac{A_1 A_2}{\pi q b^2} \cdot \frac{1 - 0{,}66 h/b}{1{,}055 + 3{,}7 h/b} \text{ [1]}.$$

Eine noch bequemere und doch noch recht brauchbare Formel ist

$$W_{12} = \frac{A_1 A_2}{\pi q b^2} \cdot \frac{1}{1 + 5{,}3 h/b}.$$

Der Unterschied der Betzschen Formel für rechteckige und der neuen Formel für elliptische Auftriebsverteilung ist aus dem Kurvenblatt Fig. 18 zu ersehen.

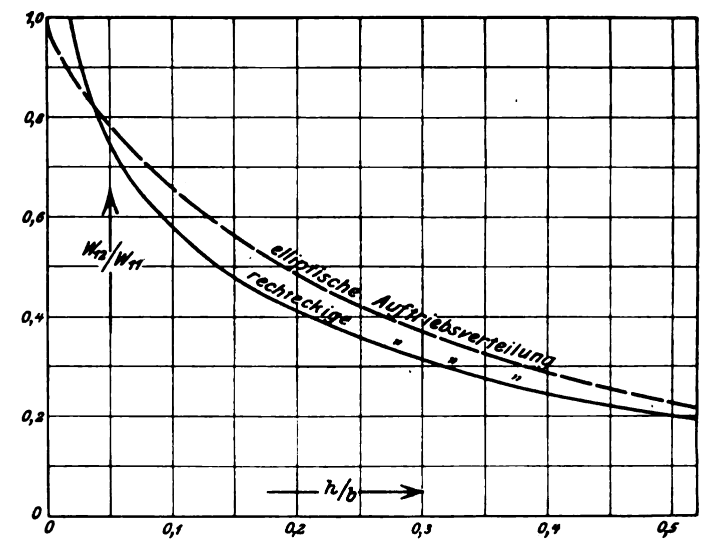


Abb. 18. Gegenseitige Beeinflussung zweier ungestaffelter, gleich großer Tragflächen: I. bei Annahme rechteckiger Auftriebsverteilung (Betz'sche Formel), II. bei Annahme elliptischer Auftriebsverteilung (neue Formel).

Nach einem zuerst von Munk gefundenen allgemeinen Satz ist für ungestaffelte Mehrdecker immer $W_{12} = W_{21}$. Der gesamte induzierte Widerstand eines Mehrdeckers besteht aus den Widerständen, die die einzelnen Tragflächen als Eindecker haben würden, und aus den eben erwähnten gegenseitigen Widerständen; beim ungestaffelten Doppeldecker ist also $W = W_{11} + W_{22} + 2 W_{12}$, beim Dreidecker entsprechend

$$W = W_{11} + W_{22} + W_{33} + 2 W_{12} + 2 W_{13} + 2 W_{23} \text{ [2]}.$$

Bei der theoretischen Ermittlung der Anstellwinkel müssen, wenn größere Genauigkeit verlangt ist, die Wölbungskorrekturen angebracht werden, die im

[1]) Zahlwerte 1919 etwas verbessert.

[2]) Nach einem unter Nr. 10 angeführten Satz wird durch Staffelung der Gesamtwiderstand nicht geändert, so daß also die Ergebnisse obiger Formeln auch für gestaffelte Mehrdecker Geltung haben. W_{12} und W_{21} haben hier verschiedene Werte, jedoch ist ihre Summe gleich $2 W_{12}$ des ungestaffelten Mehrdeckers.

übrigen auch — und wahrscheinlich genauer — durch Übernahme der von Kutta für den unendlich breiten Doppeldecker errechneten Korrekturen erhalten werden können. Die Untersuchungen hierüber sind noch nicht zu Ende geführt.

Eine wichtige Frage ist die nach den günstigsten Anordnungen für Mehrdecker. Man kann nach den Beeinflussungsformeln den Widerstand für gegebenen Auftrieb bei gegebener Spannweite und Geschwindigkeit berechnen und Bedingungen für das Eintreten des kleinsten Widerstandes ableiten. So ergibt sich z. B. für einen Dreidecker von der Gesamthöhe gleich $1/4$ der Spannweite bei elliptischer Auftriebsverteilung ein günstigstes Verhältnis der Auftriebe von 1 zu 0,53 zu 1. Der induzierte Widerstand ergibt sich, wenn man denjenigen des Eindeckers mit gleicher Spannweite und gleichem Gesamtauftrieb $=1$ setzt, für den günstigsten Dreidecker von obiger Höhe zu 0,687, für den Dreidecker mit gleichem Auftrieb auf allen Tragdecken zu 0,695, für den Doppeldecker von gleicher Gesamthöhe zu 0,710. Die Unterschiede sind also nur gering.

10. Von großem Interesse ist auch die Frage, welches der überhaupt kleinste Widerstand bei vorgegebenen Außenmaßen eines Tragwerks[1]) ist, wenn der Aufbau des Tragwerks im einzelnen noch freisteht. Für die Lösung dieser Frage, die uns seit längerem beschäftigte, waren drei Sätze von Munk, deren Beweis demnächst im Druck erscheinen soll[2]), von ausschlaggebender Bedeutung. Ich führe sie hier ohne Beweis[3]) an; sie gelten unter der gewöhnlich genügend genau zu treffenden Voraussetzung, daß die Ablenkungen des Luftstroms durch das Tragwerk als klein angesehen werden dürfen. Sie lauten in etwas veränderter Anordnung und unter Verzicht auf mathematische Strenge folgendermaßen:

1. Ein beliebiges Tragwerk ist in bezug auf den Widerstand gleichwertig mit einem Tragwerk, das aus dem ersteren entsteht, wenn alle Tragflächen-Mittellinien bei unveränderter Höhenlage in ein und dieselbe zur Flugrichtung senkrechte Vertikalebene gerückt werden, (so daß also ein „ungestaffeltes Tragwerk" entsteht!). Voraussetzung für die Gültigkeit dieses Satzes ist dabei, daß durch geeignete Verdrehung der Flügelteile dafür gesorgt wird, daß die Auftriebsverteilung ungeändert bleibt.

2. Beim ungestaffelten Tragwerk ist die absteigende Geschwindigkeit in jedem Punkte der Ebene, die die Tragflächenmittellinien enthält, nur abhängig von den abgehenden Wirbeln (also nicht von den Wirbeln, die die Tragflächen ersetzen!), und gleich der Hälfte der absteigenden Geschwindigkeit weit hinter dem Tragwerk.

3. Das Minimum des Widerstandes bei einem gegebenen Tragwerksaufbau wird erreicht, wenn bei dem zugeordneten ungestaffelten Tragwerk die absteigende Geschwindigkeit an allen Punkten der Tragflächenmittellinien dieselbe ist.

---

[1]) Unter „Tragwerk" sei ein tragendes Flügelsystem von beliebig allgemeiner Anordnung verstanden.

[2]) (1919.) Inzwischen als Göttinger Dissertation unter dem Titel „Isoperimetrische Probleme aus der Theorie des Fluges" erschienen.

[3]) (1919.) Ein neuer, inzwischen von Betz gefundener Beweis ist im Anhang 4 kurz wiedergegeben.

Nach dem ersten Satz ergibt sich also z. B. ein Tandem gleichwertig mit dem entsprechenden ungestaffelten Tragwerk (was zuungunsten des Tandems spricht, bei dem der Momentenausgleich leicht Schwierigkeiten macht).

Der zweite Satz leistet die Zurückführung der Aufgabe auf die beim Eindecker bereits erwähnte Aufgabe des ebenen Problems der Hydrodynamik.

Nach dem dritten Satz ist hiermit die Auftriebsverteilung so zu bestimmen, daß die Geschwindigkeit w an allen Stellen des ungestaffelten Tragwerks denselben Wert annimmt. Diese Aufgabe ist mittels bekannter hydrodynamischer Methoden in einer Reihe wichtiger Fälle lösbar.

Gelöst ist bisher außer dem Eindecker der Doppeldecker mit gleicher Spannweite des Ober- und Unterflügels, bei dem elliptische Funktionen auftreten [1]). Beim Dreidecker, für den bisher nur die mit elliptischer Verteilung berechnete Näherung vorhanden ist, würden hyperelliptische Funktionen herangezogen werden müssen.

Die Widerstandsformel nimmt allgemein die Form an $W = \frac{A^2}{4\,q\,F'}$, wo F' eine von der Gestalt der Vorderansicht des Flugzeugs abhängige Fläche ist. Denkt man sich die Tragwerksumrisse von einer ebenen Strömung einer reibungslosen Flüssigkeit umflossen, die im Unendlichen senkrecht, d. h. in der Richtung des Auftriebs, verläuft und dort die Geschwindigkeit 1 hat, dann wird nach den Munkschen Ansätzen die Fläche F' erhalten, indem man die Werte des Strömungspotentials φ entlang dem Umriß bestimmt und sie als Höhen zu den Querabmessungen als Abszissen aufträgt: F' ist dann die Summe der von den entstandenen Linien umrandeten Flächen: $F' = \Sigma \oint \varphi\, d\,x$ [2]). Beim Eindecker ist die Fläche ein Kreis mit dem Durchmesser b. $F' = \frac{\pi\, b^2}{4}$ liefert in der Tat die Eindeckerformel. Abb. 19 auf folgender Seite zeigt links die in Rede stehende Strömung für einen Eindecker, rechts die Fläche F'. Das Aussehen der entsprechenden Bilder beim Doppeldecker und Dreidecker (letzteres nur „nach Gefühl“ entworfen) zeigen die Abb. 20 und 21.

Bei geometrischer Ähnlichkeit der Vorderansicht von zwei Tragwerken verhalten sich die Flächen F' immer wie die Quadrate der Spannweite. Zu jedem Tragwerk von der Spannweite b läßt sich ein Eindecker finden, der bei gleichem Auftrieb und gleichem Staudruck denselben induzierten Widerstand hat wie das Tragwerk. Ist die Spannweite dieses Eindeckers $= k\,b$, so ergibt sich der Faktor k allein abhängig von den Verhältnissen der Ausmaße der Vorderansicht des Tragwerks, ist also konstant für geometrisch ähnliche Vorderansichten, wenn die Art der Auftriebsverteilung ungeändert bleibt. Es ist nämlich gemäß der Definition von k:

$$F' = \frac{\pi}{4}(k\,b)^2, \text{ also } k = \sqrt{\frac{4F'}{\pi\, b^2}},$$

---

[1]) Die Lösung stammt von Herrn Dr. R. Grammel, der sie auf meinen Wunsch ermittelt hat, vgl. Tragflügeltheorie II, 8.

[2]) Diese Formel ist im Anhang 3 abgeleitet. Dort steht Φ/w_1 an Stelle von φ, weil dort die Abwärtsgeschwindigkeit $= w_1$ gesetzt ist, statt wie hier $= 1$.

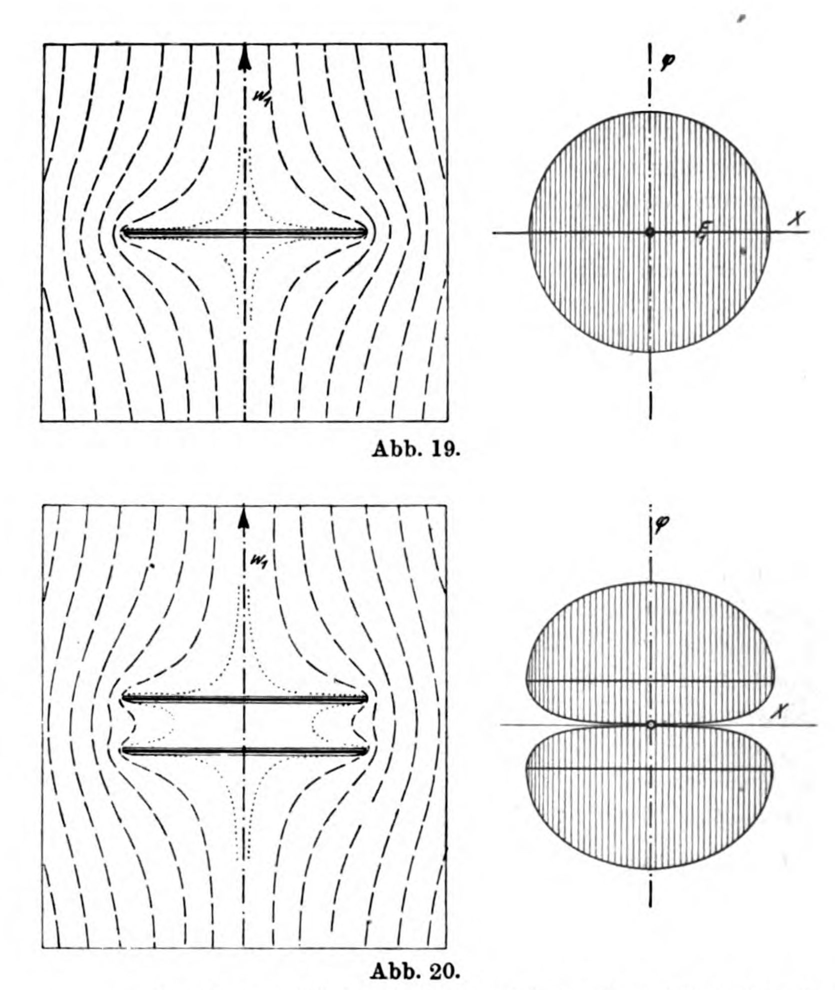


Abb. 19.

Abb. 20.

Abb. 19—22. Links: Strömung hinter einem Eindecker, Zweidecker, Dreidecker und rechteckigen Rahmentragwerk (für einen Beobachter, der sich mit der Geschwindigkeit des Wirbelsystems w_1 nach ab-

wobei nach Obigem F'/b^2 für geometrisch ähnliche Vorderansichten eine Konstante ist.

Die Flächentiefe kommt bemerkenswerterweise hier niemals explizit vor. Eine Änderung der Flächentiefe bei gleichbleibendem A und q ändert in der Tat nichts am induzierten Widerstand.

Die Formel

$$\frac{W}{A} = \frac{w}{V} = \frac{A}{4\,q\,F'} = \frac{A}{\pi\,(k\,b)^2\,q}$$

eignet sich zur Umrechnung von Widerstand und Anstellwinkel bei Abänderung des Seitenverhältnisses eines Mehrdeckers und zur Berechnung des Mehrdeckers aus Eindeckerversuchen, wenn die Werte von k für die Flügelanordnungen bekannt sind. Wegen des nicht berücksichtigten Wölbungseinflusses werden jedoch die Anstellwinkel nicht sehr genau, während die Widerstandsangaben bei Auf-

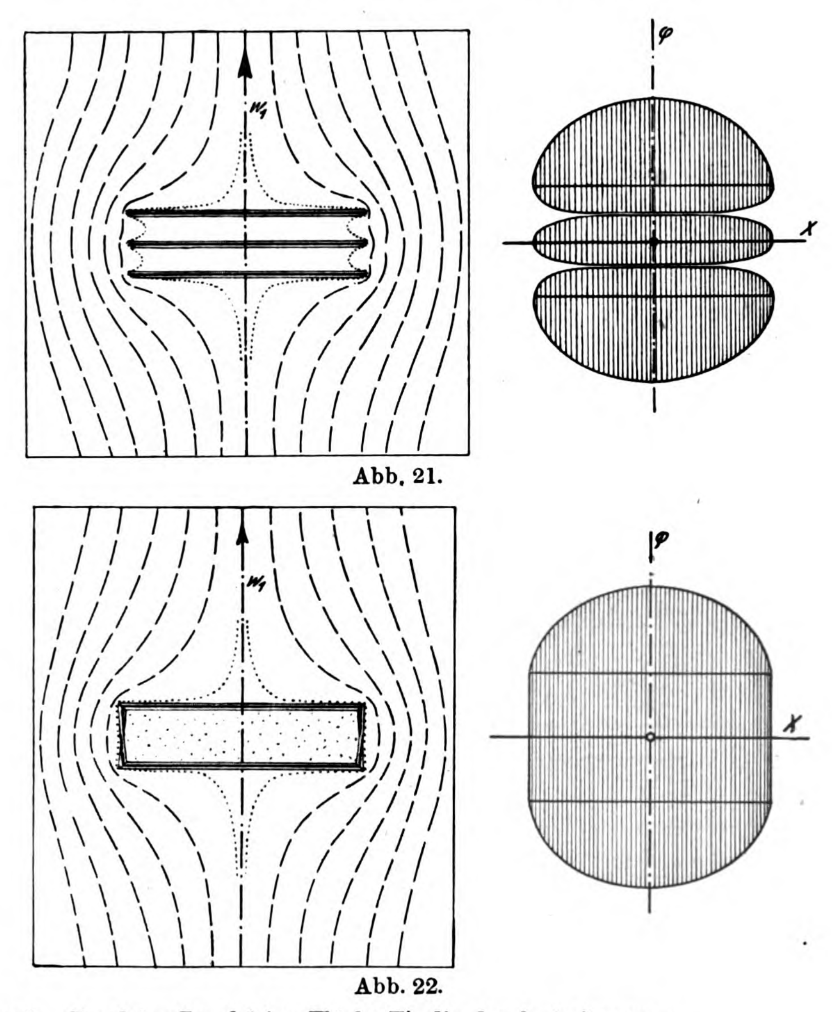


Abb. 21.

Abb. 22.

wärts bewegt). Rechts: Zugehörige Fläche F', die durch Auftragung der Strömungspotentiale φ für die Tragwerkskontur abhängig von der zugehörigen x-Koordinate in der Querabmessung erhalten wird.

triebsverteilungen, die nicht allzu weit von der bei der Ermittlung von k zugrundegelegten abweichen, recht zuverlässig sein dürften[1]).

Die Fläche F' hat eine anschauliche Bedeutung: sie ist die Querschnittsfläche eines Luftstrahls von der Geschwindigkeit V, dem eine ablenkende Kraft gleich dem Auftrieb gerade die Geschwindigkeit $w_1 = 2\,w$ nach abwärts erteilen würde. Der lebendigen Kraft dieser Abwärtsbewegung entspricht eine Widerstandsarbeit, die sich nach kurzer Rechnung genau gleich W · V ergibt[2]).

---

[1]) Diese Rechenvorschrift stammt von Munk, vgl. dessen „Beitrag zur Theorie der Flugzeugtragorgane", TB. II, S. 187. Dort sind aus dem Göttinger Versuchsmaterial Zahlwerte für k für verschiedene Fälle abgeleitet. Theoretisch hergeleitete Zahlwerte für Mehrdecker habe ich in meinem Aufsatz „Der induzierte Widerstand von Mehrdeckern", TB. III, S. 309, mitgeteilt. Dort wird statt k die Größe $\varkappa = 1/k^2$ bevorzugt.

[2]) $w_1 = \frac{A}{\varrho\,F'\,V}$; Leistung $= \varrho\,F'\,V\,\frac{w_1^2}{2} = \frac{A^2}{2\,\varrho\,F'\,V} = W \cdot V$!

11. Ich komme jetzt auf die Frage nach dem überhaupt günstigsten Tragwerk bei gegebenen Außenmaßen zurück. Als solches ergibt sich bemerkenswerter Weise ein ringförmiges Tragwerk, das den gegebenen Begrenzungslinien entlang verläuft, also z. B. bei gegebener Breite und Höhe ein rechteckiger Rahmen, der aus einem Doppeldecker durch Einfügung von Seitenwänden entsteht, vgl. Abb. 22. Der induzierte Widerstand eines Vieldeckers, der als äußeren Umriß ein Rechteck hat, ist immer größer als der des zugehörigen Rechtecktragwerks; er nähert sich diesem unbegrenzt, wenn die Flügelzahl unbegrenzt vermehrt wird und der Auftrieb in der günstigsten Art verteilt wird. Dies erfordert, daß die äußeren Flügel einen erheblichen Teil der Last allein aufnehmen, während die mittleren Flügel verhältnismäßig schwach belastet werden.

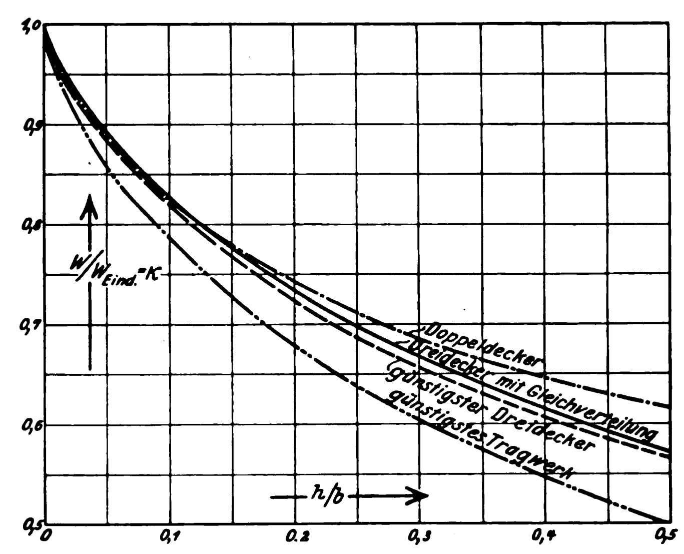


Abb. 23. Verhältnis des induzierten Widerstandes verschiedener Tragwerke zu dem des gleichbelasteten Eindeckers von derselben Spannweite, abhängig vom Verhältnis der Höhe des Tragwerks zur Spannweite.

Die Rechnungen für das Rechteck sind ebenso wie die für den Doppeldecker von den Herren Dr. Grammel und Leutnant Pohlhausen ausgeführt worden. Die Zahlwerte für Doppeldecker, Dreidecker (genähert!) und für das Rechteck sind durch die Kurven der Abb. 23 gegeben. Eine Näherungsformel für den Widerstand des günstigsten Tragwerks von gegebener Spannweite und Höhe h, die von $h/b = 1/12$ bis $h/b = 1/2$ recht gut befriedigt, lautet:

$$W_{min} = \frac{A^2}{\pi q b^2} \cdot \frac{1 + 0{,}45\, h/b}{1{,}04 + 2{,}81\, h/b}\ ^{1)}.$$

Zahlenbeispiel: Für $h = b/4$ verhält sich der Widerstand des günstigsten Zweideckers zu dem des günstigsten Tragwerks wie 0,710:0,637 (Eindecker mit gleichem $b = 1$ gesetzt).

Für die praktische Anwendung dürfte das Rechtecktragwerk kaum in Betracht kommen, da die seitlichen Abschlußflächen viel schädlichen Widerstand

[1]) Verbesserte Formel 1919.

ergeben und im übrigen dieselbe Verbesserung des induzierten Widerstandes viel bequemer durch eine Spannweitenvergrößerung von rund 6 v. H. erreicht wird.

Das „günstigste Tragwerk“ dient vielmehr in der Hauptsache zu Abschätzungen und gestattet z. B., ähnlich, wie es für den Eindecker bisher schon möglich war, für jedes Tragwerk, dessen Außenmaße vorliegen, die Aufstellung eines „Wirkungsgrades“, der definiert wird durch das Verhältnis des günstigsten Widerstandes zu dem wirklich vorhandenen Widerstand. Für Tragdecken ohne alle Stiele und Verspannungen ergeben sich dabei bei den größeren Anstellwinkeln häufig ganz befriedigende Werte. Bei den kleineren Anstellwinkeln, wo der Profilwiderstand mehr ins Gewicht fällt, ist der Wirkungsgrad entsprechend kleiner. Besonders große praktische Bedeutung hat übrigens dieser Wirkungsgrad aus dem Grunde nicht, weil die Vergleichsgröße, der induzierte Widerstand des „günstigsten Tragwerks“, selbst nicht ein- für allemal technisch festliegt, sondern durch Änderung der Spannweite usw. immer geändert werden kann.

Weitere Anwendungen.

12. Die bis jetzt durchgeführten Anwendungen der Tragwerkstheorie auf die Flugzeuge selbst sind mit dem bisher Vorgetragenen im wesentlichen erschöpft. Es mag jedoch kurz noch ein anderes Anwendungsgebiet gestreift werden, das ebenfalls eine Reihe wichtiger Ergebnisse geliefert hat und das besonders für die Versuchsanstalten von großer Bedeutung ist. Es gelingt nämlich, die Ansätze, die wir kennen gelernt haben, auch auf die Vorgänge an Tragwerken anzuwenden, die sich in einem von festen Wänden umgebenen Kanal oder in einem freien Luftstrahl befinden. Durch geeignete Ansätze — in den meisten Fällen durch das Spiegelungsprinzip — konnte das Verhalten der Tragwerke in Kanälen und freien Luftstrahlen von kreisförmigem und von rechteckigem Querschnitt studiert werden. Der Vergleich der Ergebnisse mit denen im freien Luftraum ergibt Umrechnungsformeln, durch die der Einfluß der Versuchsanordnung, der häufig nicht ganz gering ist, nachträglich rechnerisch ausgeschaltet werden kann. Man kann im Besitz dieser Umrechnungsformeln wesentlich größere Modelle verwenden, als dies sonst zulässig wäre. Da die Umrechnung vom Modell auf die große Ausführung an Sicherheit gewinnt, wenn die Maßstabsunterschiede kleiner werden, so ist diese von der Theorie geleistete Hilfe als sehr wertvoll anzusehen. Ein näheres Eingehen auf Einzelheiten verbietet mir jedoch die zur Verfügung stehende Zeit.

Für die Weiterentwicklung der Tragwerkstheorie fehlt es nicht an Aufgaben, die der Bearbeitung harren: Die schräg gestellte Tragfläche und die mit Pfeilstellung, die mit Verwindung, ferner die schwingende und die im Kreis oder auf einer Schraubenlinie bewegte Tragfläche werden noch schwierige Probleme zu lösen geben. Daneben kann an allerhand Verfeinerungen und Verbesserungen der bisherigen Theorie gedacht werden, besonders in der Richtung, daß die Verteilung des Auftriebs in der Tiefenrichtung der Tragfläche auch berücksichtigt wird.

Es mangelt also nicht an neuen Aufgaben. Durch die dankenswerte Fürsorge der Heeresverwaltung ist die Modellversuchsanstalt in Göttingen im Kriege mit so ausreichendem Personal versehen, daß neben der Versuchsarbeit auch diese

theoretischen Dinge gefördert werden können. Es steht daher zu hoffen, daß wir noch einiges weiter erreichen werden. Dabei liegt es mir aber völlig ferne, das ganze Arbeitsgebiet für Göttingen in Anspruch zu nehmen, vielmehr werde ich es gerne begrüßen, wenn wir auch außerhalb Mitarbeiter finden.

Bemerkung bei der Druckfertigmachung 1919. Der unglückliche Kriegsausgang hat auch die Modellversuchsanstalt Göttingen genötigt, ihr Personal sehr stark zu verringern, so daß in Zukunft für die weitere Förderung der vorgenannten Aufgaben die Hilfe freiwilliger Mitarbeiter nötig sein wird, wenn die bis Ende 1918 eifrig geförderten Arbeiten erfolgreich weiter geführt werden sollen.

Anhang.

1. Druckverteilung am Boden unter einem Flugzeug.

Die Bernoullische Druckgleichung nimmt für den Fall, daß es sich um Geschwindigkeitsverteilungen mit kleineren Beträgen der Geschwindigkeit handelt, die mit einer gleichförmigen Geschwindigkeit V im Raum fortschreiten, eine besonders einfache Form an, sobald man die in den kleinen Größen quadratischen Glieder vernachlässigt.

Die genannte Flüssigkeitsbewegung wird zu einer stationären Strömung, wenn man der Flüssigkeit die gemeinsame Geschwindigkeit $-V$ erteilt. Wählt man — in Anwendung auf unsere besondere Aufgabe — die X-Achse in der Richtung der Flügelspannweite, die Y-Achse in der Flugrichtung (wagrecht), die Z-Achse lotrecht, so lautet die Bernouillische Gleichung, mit p_0 = ungestörtem Druck und p = Überdruck, bei Vernachlässigung der Eigenschwere der Luft:

$$p_0 + p + \frac{\varrho}{2}\{u^2 + (-V + v)^2 + w^2\} = p_0 + \frac{\varrho}{2} V^2;$$

hieraus wird, wenn man ausquadriert und kürzt, und noch u^2, v^2 und w^2 als klein von höherer Ordnung vernachlässigt,

$$p = \varrho V v, \qquad (1)$$

eine Gleichung, die auch in der Lehre von den Wellenbewegungen eine große Rolle spielt.

Es handelt sich jetzt um die Berechnung von v am Boden. Zunächst sieht man, daß die horizontal in der Richtung der Y-Achse angenommenen „abgehenden Wirbel" keinen Beitrag zu v liefern. Es bleibt also nur der „Querwirbel" von der Länge l und der (mittleren) Zirkulation Γ. Es sei vorausgesetzt, daß die Länge l klein ist gegen den Abstand h des Flugzeugs vom Boden; dann ist es erlaubt, mit dem Querwirbel wie mit einem einzigen Wirbelelement zu rechnen. Dieser liefert dann an dem Aufpunkt A mit den Koordinaten x und y gemäß dem Biot-Savartschen Gesetz eine Geschwindigkeit senkrecht zu der Ebene A B F (vgl. Abb. 24) von dem Betrage $v_1 = \frac{\Gamma \cdot l \sin \alpha}{4 \pi R^2}$. Das Spiegelbild des Querwirbels im Punkte F′, das hinzugenommen werden muß, um die senkrechten

Geschwindigkeitskomponenten am Boden wegzuschaffen, liefert eine gleich große Geschwindigkeit v_2 senkrecht zur Ebene A B F′. Ist β der Winkel zwischen der

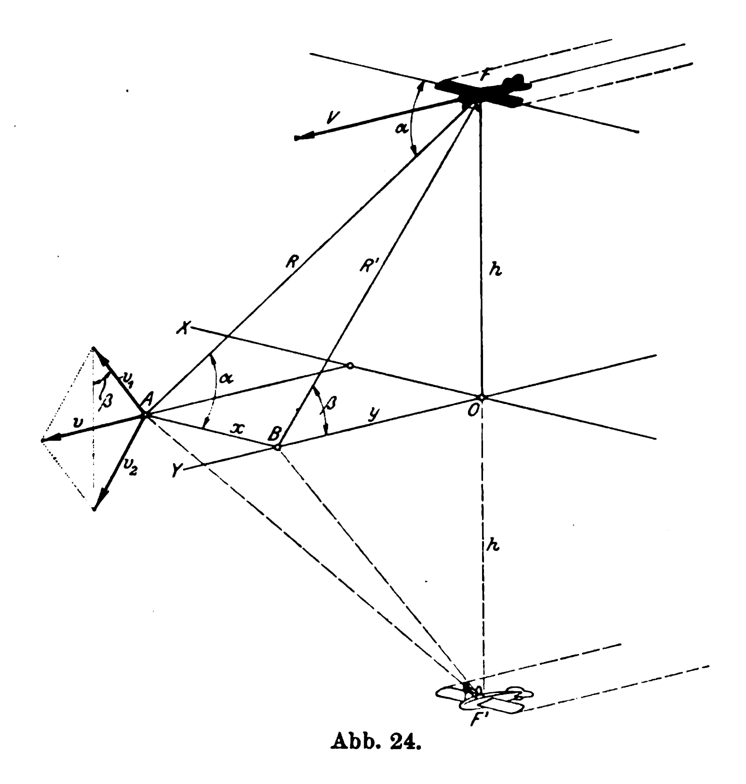


Abb. 24.

Ebene A B F und der X Y-Ebene, so wird demnach die resultierende Geschwindigkeit aus v_1 und v_2: $v = 2\, v_1 \sin\beta$, oder, mit $\sin\alpha = R'/R$, $\sin\beta = h/R'$:

$$v = \frac{\Gamma l h}{2\pi R^3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Hiermit liefert Gl. (1) mit Rücksicht darauf, daß nach der Kutta-Joukowskischen Formel $\varrho\, \Gamma l V = A$ ist:

$$p = \frac{A h}{2\pi R^3},$$

was mit $R^2 = h^2 + r^2$ die im Vortrag angegebene Formel ergibt.

Die Integration des Druckes über die unendlich ausgedehnte X Y-Ebene liefert, wie es sein muß, eine resultierende Kraft $= A$.

2. Eindeckerformeln.

Ein nach beiden Seiten unendlich langer gerader Wirbelfaden von der Zirkulation Γ bedeutet eine Umlaufbewegung mit Geschwindigkeiten von dem Betrage $v = \Gamma/2\pi r$ im Abstand r von der Wirbelachse. Hiervon überzeugt man sich leicht, wenn man an die Bedeutung der Zirkulation als Wegintegral der Geschwindigkeit denkt: Das Wegintegral von v auf dem Wege $2\pi r$ gibt gemäß obigem $v \cdot 2\pi r = \Gamma$. Erstreckt sich der Wirbel nur nach der einen Seite ins Unendliche, so findet man

in der senkrechten Ebene durch seinen Anfang aus Symmetriegründen Geschwindigkeiten vom halben Betrage der oben angegebenen, denn wenn man zwei solcher Wirbel aneinanderfügt, so daß wieder ein beiderseits unendlich langer Wirbel entsteht, so müssen dessen Geschwindigkeiten, die an jedem Punkte die Summe der Geschwindigkeiten der einzelnen Wirbelstücke sind, wieder die oben angegebenen Werte ergeben.

Ist bei einer Tragfläche die Zirkulation Γ als Funktion der Abszisse x gegeben, so wird in einem kleinen Abschnitt dx, in dem sich die Zirkulation um $\frac{d\Gamma}{dx} \cdot dx$ ändert, ein Wirbelfaden von dieser Stärke nach hinten abgehen. An der Stelle a ergibt dieser Wirbelfaden gemäß dem oben Dargelegten, da für r hier $a - x$ zu setzen ist, eine Geschwindigkeit vertikal nach unten (oder oben) vom Betrag $dw = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{d\Gamma}{dx} \cdot \frac{dx}{a - x}$. Die ganze Zusatzgeschwindigkeit an der Stelle a ist demnach, wenn, wie es in Wirklichkeit stets zutrifft, die Funktion $\Gamma(x)$ überall stetig und an den Enden $= 0$ ist, das Integral dieses Ausdruckes über die Spannweite b, also

$$w(a) = \frac{1}{4\pi} \int_{-\frac{b}{2}}^{+\frac{b}{2}} \frac{d\Gamma}{dx} \cdot \frac{dx}{a - x} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Die Abwärtsgeschwindigkeit w ist Ursache einer Abwärtsneigung der Luftströmung gegen den Tragflächenabschnitt an der Stelle $x = a$ vom Betrag: $\operatorname{tg} \varphi = w/V$. Der Auftrieb $dA = \varrho \Gamma V \cdot dx$ auf dem Abschnitt dx liefert demnach durch Rückwärtsneigung um den (kleinen) Winkel φ eine Widerstandskomponente $dW = dA \cdot w/V = \varrho \Gamma w \, dx$. Der Widerstand ist somit

$$W = \varrho \int \Gamma w \, dx \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Setzt man $\Gamma = \Gamma_0 \sqrt{1 - \left(\frac{x}{\frac{1}{2} b}\right)^2}$ entsprechend einer Verteilung nach einer Halbellipse, so ergibt die Ausrechnung des Integrals der Gl. (1)

$$w = \Gamma_0 / 2b = \text{const.!} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Aus

$$A = \varrho V \int_{-\frac{b}{2}}^{+\frac{b}{2}} \Gamma dx = \varrho V \cdot \frac{\pi}{4} \Gamma_0 \cdot b$$

ergibt sich $\Gamma_0 = \frac{4A}{\pi \varrho V b}$ und damit also

$$w = \frac{2A}{\pi \varrho V b^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

3. Formel für den Minimalwiderstand.

Nach dem in Nr. 10 Mitgeteilten ergibt diejenige Auftriebsverteilung an einem Tragwerk den geringsten Widerstand, die bei dem zugehörigen ungestaffelten

Tragwerk an allen tragenden Stellen die gleiche Abwärtsgeschwindigkeit w liefert. Die Abwärtsgeschwindigkeit w_1 an denjenigen Stellen des Luftraums hinter dem Tragwerk, die mit den tragenden Stellen in unmittelbare Berührung gekommen sind, ist dann weit ab vom Tragwerk, wenn von der Formänderung des Wirbelbandes abgesehen wird, ebenfalls konstant, und zwar $= 2\,w$. Dies rührt davon her, daß hier die sämtlichen Wirbelfäden nach unserer Voraussetzung in derselben Konfiguration vorhanden sind, wie am Tragwerk selbst, nur daß sie sich nicht wie an diesem nur nach einer Seite, sondern nach beiden Seiten erstrecken, was gemäß dem im Anhang 2 Gesagten eine Verdoppelung der Geschwindigkeiten bedeutet.

Die Formänderung des Wirbelbandes nimmt zwar mit wachsender Entfernung vom Tragwerk allmählich beträchtliche Werte an: für alle Schlußfolgerungen, die sich auf das Tragwerk selbst beziehen, ist jedoch der Fehler, den man begeht, wenn man diese Formänderung völlig außer acht läßt, nur gering, da die hauptsächlich wirksamen Wirbelteile in der Nähe des Tragwerks in der Tat nur sehr geringe Umformung aufweisen. Die Umformung des Wirbelsystems geht übrigens umso langsamer vor sich, je kleiner die Geschwindigkeit w_1 im Verhältnis zu V ist, also je kleiner unter sonst gleichen Verhältnissen der Auftrieb ist. Die hier abgeleiteten Beziehungen haben also umso strengere Geltung, je kleiner der Auftrieb ist, gelten aber auch für die größten praktisch vorkommenden Auftriebe immer noch hinlänglich genau.

Nach den Darlegungen in Nr. 8 ist die in der angegebenen Weise vereinfachte Luftströmung weit hinter dem Tragwerk eine ebene Strömung um ein starres Gebilde, das die von den tragenden Stellen unmittelbar berührten Luftteile zusammenfaßt und das sich mit der Geschwindigkeit $w_1 = 2\,w$ nach abwärts bewegt. Man betrachtet nun das stoßartige In-Bewegung-Setzen dieses Gebildes und bringt dies mit der Auftrieberzeugung durch das Tragwerk in Beziehung.

Ist τ die Stoßdauer und p der Überdruck an irgendeiner Stelle der Flüssigkeit während des Stoßvorgangs, ferner Φ das Geschwindigkeitspotential der Strömung am Ende des Stoßvorgangs, so hängt nach einem Satz der Hydrodynamik der Druck mit dem Potential durch die Gleichung $\int_0^\tau p\,dt = \varrho\,\Phi$ zusammen. Betrachtet man ein Stück der Flugbahn des Tragwerkes von der Länge l, der bei der Fluggeschwindigkeit V eine Flugzeit t nach der Gleichung $t = l/V$ entspricht, so entspricht der Gesamtstoßkraft, die auf die Länge l des starren Gebildes kommt, eine Wirkung der von dem Tragwerk getragenen Last während der Zeit t. Auf ein Flächenelement von der Größe $l\,dx$ (x in der Flügelerstreckung quer zur Flugrichtung gemessen) wirkt ein Druck p_1 von unten und ein Druck p_2 von oben; damit wird die Stoßkraft auf dieses Element $= l\,dx\int_0^\tau (p_1 - p_2)\,dt$, was nach obigem $l\,dx \cdot \varrho\,(\Phi_1 - \Phi_2)$ gibt; die Gesamtstoßkraft wird somit $= l\,\varrho\int_0^b (\Phi_1 - \Phi_2)\,dx$. Setzt man diese gleich $A\,t = A\,l/V$, so wird

$$A = \varrho V \int (\Phi_1 - \Phi_2)\, dx\text{[1]} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (1)$$

Nun sind die Werte Φ proportional der Geschwindigkeit w_1 des starren Gebildes, also noch von A abhängig; eine von A unabhängige Größe erhält man, wenn man jeden Φ-Wert durch w_1 dividiert, und zwar werden auf diese Weise rein geometrische, nur von den Querabmessungen des starren Gebildes, d. h. von der Vorderansicht des Tragwerks abhängige Größen erhalten. Φ/w_1 ist eine Länge, also $\int(\Phi_1 - \Phi_2)\, dx/w_1$ eine Fläche, die im folgenden F' genannt werden soll. Durch Einführung von F' in Gl. (1) erhält man

$$A = \varrho V w_1 F' \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (2)$$

Hieraus ergibt sich sofort w_1, und damit auch die absteigende Geschwindigkeit am Orte des Tragwerks $w = \frac{w_1}{2} = \frac{A}{2 \varrho V F'}$. Damit wird

$$W = \frac{w}{V} A = \frac{A^2}{2 \varrho V^2 F'} = \frac{A^2}{4 q F'} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (3)$$

4. Kurzer Beweis der Munkschen Sätze.

(1919.) Für die in Nr. 10 angegebenen Munkschen Sätze ist inzwischen von Herrn Betz ein sehr anschaulicher und kurzer Beweis gefunden worden. Der induzierte Widerstand würde auch in der „reibungslosen Flüssigkeit" vorhanden sein. Da hier keine Energie verschwinden kann, muß die bei der Überwindung dieses Widerstandes geleistete Arbeit als kinetische Energie in der Flüssigkeit erhalten bleiben. Diese kinetische Energie findet sich in dem Wirbelschweif wirklich vor, wie eine nähere Untersuchung lehrt; sie ist eindeutig bestimmt, wenn die Wirbelkonfiguration bekannt ist. Auf welche Weise diese Wirbelkonfiguration entstanden ist, kann also auf die Größe des gesamten induzierten Widerstandes keinen Einfluß haben. Hieraus folgt unmittelbar die Richtigkeit des „Staffelungssatzes". Denn durch Staffelung der einzelnen Tragflächen bei unverändert bleibender Auftriebsverteilung wird an dem abgehenden Wirbelsystem nichts geändert. Der Satz ist in dem Maße genau, als die Formänderung des Wirbelsystems durch die Eigenbewegung auf der durch das Maß der Staffelung gekennzeichneten Strecke vernachlässigt werden darf. Diese Formänderung ist, wie in Anhang 3 erwähnt wurde, um so geringer, je kleiner alle Auftriebe sind. Der Satz gilt also sehr genau für sehr kleine Auftriebe.

Um nun zu dem Satz vom Widerstandsminimum zu gelangen, sei an zwei im übrigen beliebigen Stellen des Tragwerks ein wenig Auftrieb zugefügt, bzw. fortgenommen. Der hinzugenommene und der weggenommene Auftrieb sollen

---

[1] (1909) Hierzu mag angemerkt werden, daß $\Phi_1 - \Phi_2$ nichts anderes ist als die Zirkulation Γ an der Stelle x, was man am einfachsten einsieht, wenn man das Linienintegral der Geschwindigkeit für eine Linie betrachtet, die von der Stelle x unter dem Wirbelband heraus und über ihm wieder zur Stelle x zurückführt. Die obige Betrachtung liefert demnach zugleich einen Beweis für die hier überall benutzte Übertragung des Kutta-Joukowski'schen Satzes auf beliebige Tragwerke (der ursprüngliche Beweis dieses Satzes bezieht sich allein auf die ebene Strömung).

dabei genau gleich groß sein, so daß der Gesamtauftrieb ungeändert bleibt. Jede beliebige kleine Änderung der Auftriebsverteilung läßt sich durch hinreichend viele solche Einzeländerungen herstellen. Das Kennzeichen des Minimums ist dabei, daß durch solche kleine Änderungen der Wert der Größe, die zu einem Minimum gemacht werden soll, hier also der des Widerstandes, nicht geändert wird. (Würde er geändert, so würde er durch die in passendem Sinne vorgenommene Änderung verkleinert werden können und wäre dann eben nicht das Minimum).

Die Widerstandsänderung durch das Hinzukommen eines kleinen Auftriebs δA an einer Stelle des Tragwerks besteht, da der Eigenwiderstand des Auftriebs δA als klein von der 2. Ordnung vernachlässigt werden kann, aus zwei Teilen, nämlich aus der Änderung des Widerstandes des eigentlichen Tragwerks durch das Geschwindigkeitsfeld des δA und aus dem Widerstand des δA durch das Geschwindigkeitsfeld des Tragwerks. Diese Widerstandsänderung kann unter Vernachlässigung der Eigenbewegung des Wirbelsystems am bequemsten dann berechnet werden, wenn man d·n Zusatzauftrieb δA weit hinter dem Tragwerk anbringt. Nach dem Staffelungssatz ist dies erlaubt, und man erreicht dadurch, daß der erstere Teil der Widerstandsänderung gleich Null wird, denn nach vorne verschwindet das Geschwindigkeitsfeld eines Tragwerks — hier unseres δA — sehr schnell. Der zweite Teil aber ergibt sich, wenn w_1 die Geschwindigkeit weit hinter dem Tragwerk an der Stelle von δA ist, nach früherem $= \delta A \,.\, w_1/V$. Für zwei gleichzeitige Auftriebsänderungen erhält man, da deren gegenseitiger Widerstand von der zweiten Ordnung klein und daher zu vernachlässigen ist,

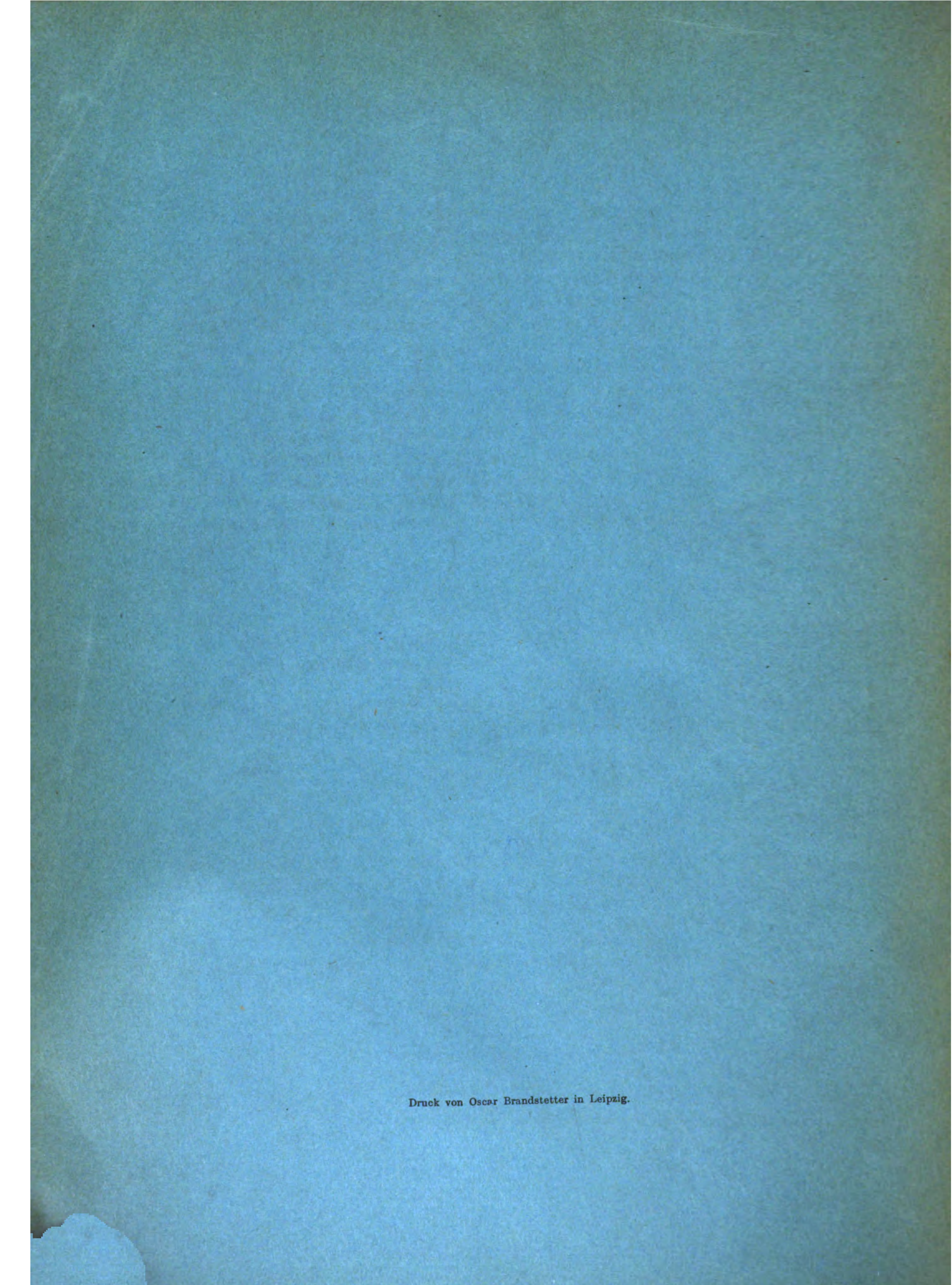
$$\delta W = (\delta A_I \, w_I + \delta A_{II} \, w_{II})/V.$$

Für unsere Aufgabe soll $\delta A_I + \delta A_{II} = 0$ und $\delta W = 0$ sein, was nur möglich ist, wenn $w_I = w_{II}$ ist. Damit ist der Satz bewiesen.

Es sei hier noch erwähnt, daß es Herrn Betz mit dieser Beweisart geglückt ist, einen dem Munkschen Satz ganz entsprechenden für Schraubenpropeller zu beweisen [1]: „Die Luftkräfte (oder anders gesprochen die Zirkulationen) sind so zu verteilen, daß das abgehende Wirbelsystem weit ab von der Schraube sich wie eine starre Schraubenfläche bewegt.“ Auch hier gilt eine ntsprechendes Staffelungsgesetz. Der Satz gilt wieder nur streng für sehr kleine Schraubenschübe. In einem Zusatz zu der Betzschen Arbeit konnte ich zeigen, daß sich die Schubverteilung über die Schraubenflügel auf Grund des Betzschen Satzes angenähert angeben läßt. Bei gleichem Außendurchmesser zeigt sich die vielflügelige Schraube der zweiflügeligen in ähnlicher Weise überlegen, wie der Vieldecker gegenüber dem Zweidecker (vgl. Nr. 11).

[1]) A. Betz, Über Schraubenpropeller mit geringstem Energieverlust, Nachr. d. Ges. d. Wiss. zu Göttingen 1919, S. 193.

Druck von Oscar Brandstetter in Leipzig.



Druck von Oscar Brandstetter in Leipzig.


UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 02793 5215

